

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

UM MODELO PARA ANÁLISE DO ESCOAMENTO DE
PRODUTOS AGROPECUÁRIOS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

HOMERO CHAIB FILHO

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL

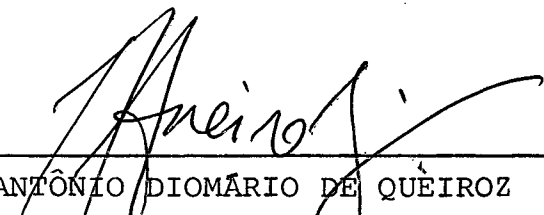
UM MODELO PARA ANÁLISE DO ESCOAMENTO DE
PRODUTOS AGROPECUÁRIOS

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

"MESTRE EM ENGENHARIA"

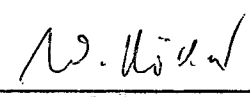
ESPECIALIDADE EM PESQUISA OPERACIONAL E APROVADA
EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.

COORDENADOR



Prof. ANTÔNIO DIOMÁRIO DE QUEIROZ
Doutor III^{eme} Cicle
COORDENADOR DO PROGRAMA

BANCA EXAMINADORA



Prof. WILHELM RÖDDER, Doutor
PRESIDENTE



Prof. ROBERT WAYNE SAMOBYL, Ph.D



Prof. EMILIO ARAÚJO MENEZES, M.Sc



0.255.880-9

UFSC-BU

APOLOGIA DO ERRO

HOMERO CHAIB

*Se tudo que fizeres for bem feito
Se tudo que buscares for correto
Se tudo que pensares for direito
Se a tudo olhares com afeto*

*E se nada puder te perturbar
E se nada afetar o teu querer
E se fores forte demais para amar
E também forte demais para sofrer*

*Amigo, deves ser um homem triste!
Deixa por isso, que te fale agora
Aceita um conselho prudente*

*Homem perfeito não existe!
Corre a um médico sem demora
Pois sem dúvida, já estás doente.*

*Dedico este trabalho a minha
mãe NAYDE, e a memória de meu pai HOMERO.*

A G R A D E C I M E N T O S

É incontável o número de pessoas que, de uma forma ou de outra, vieram a contribuir para a realização deste trabalho. Por isso, não poderia expressar meu agradecimento a cada uma delas, porém gostaria de no nome de alguns, estender a minha gratidão a todos.

Posso dizer, então, que a forma final deste trabalho teve seu termo graças à:

- Prof. WILHELM RÖDDER, que com compreensão, paciência, soube dar uma orientação firme e decidida;
- Prof. ROBERT SAMOHYL, que sempre soube incentivar e dar sua opinião clara para a evolução do trabalho;
- Prof. EMÍLIO MENEZES, que com boa vontade soube esperar pelo reconhecimento de suas observações;
- A EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA pela oportunidade dada para a conclusão do curso, com sua ajuda financeira;
- A MARIA DA GLÓRIA MARTINHÃO G. DE SOUSA, pelo seu esmerado trabalho na datilografia, desenho e quadros.

A todos enfim, e àqueles que me ajudaram e que não estão mais do meu lado, meus sinceros agradecimentos.

R E S U M O

Quando existem áreas com colonização incipiente, a produção agropecuária é bastante afetada se os produtos não podem ser escoados para um centro de comercialização.

Este trabalho oferece sua contribuição para a análise da implantação de uma rodovia, por onde se dará o escoamento dos produtos daquelas áreas.

O instrumental para a análise se apresenta como um Modelo de Programação Linear, que fornece elementos para se estabelecer a quantidade de trabalhadores, de horas de máquina e insumos necessários para produzir um conjunto de produtos, numa área cultivável delimitada ao redor da rodovia, tendo em vista a capacidade de fluxo da estrada com o objetivo de que a renda líquida daquela região seja a maior possível.

A B S T R A C T

Agricultural land may be potentially extremely productive, but without adequate facilities for transportation this potential cannot be realized.

In this work, a Linear Programming Model is presented which has the capacity to evaluate the agricultural potential of a region where new transport facilities are to be located. The model indicates the kinds of agricultural production most appropriate for each sub-region bordering the new transportation facility, in order to maximize regional income.

Sensitivity analysis of the model can offer an indication of the appropriate size of the transport facility, and an analysis "before and after" can show the change in income directly due to it's construction.

S U M Á R I O

CAPÍTULO I

1. Introdução

1.1. Origem e Objetivos do Trabalho	1
1.2. Importância do Trabalho	2
1.3. Limitações do Trabalho	3
1.4. Organização dos Capítulos	4

CAPÍTULO II

2. Definição do Problema

2.1. A Situação Problema	5
2.2. O Enfoque Adotado para o Problema	6
2.3. Uma Particularização do Problema	7

CAPÍTULO III

3. Modelos Estudados

3.1. Um Modelo de Programação Linear	9
3.2. Um Modelo de Simulação	12
3.3. Considerações Gerais	14
3.4. Os Modelos e o Caso da BR-282	15

CAPÍTULO IV

4. O Modelo "FLUX" Básico

4.1. Estrutura Geral do Modelo FLUX	17
4.2. Uma Descrição do Modelo FLUX	19
4.3. Formulação Matemática	
4.3.1. A Forma Ampla	24
4.3.2. A Forma Simplificada do FLUX	28
4.4. A Execução do FLUX e seus Resultados	31

CAPÍTULO V

5. Generalização do Modelo FLUX: O Modelo FLUXG

5.1. Aproximação à Realidade	34
5.2. O Uso da Terra	35
5.3. Redefinições	39
5.4. Formulação Matemática do FLUXG	42
5.5. A Forma Matricial do FLUXG	46

CAPÍTULO VI

6. Conclusões e Recomendações

6.1. Conclusões	
6.1.1. Sobre o Modelo	52
6.1.2. Sobre os Dados	53
6.2. Recomendações	54

Bibliografia	57
--------------------	----

C A P Í T U L O I

1. INTRODUÇÃO

1.1. Origem e Objetivos do Trabalho

Existem ainda no Brasil regiões que por uma colonização incipiente, dentre outros motivos, não têm uma infra-estrutura viária bem montada. Esta situação leva a um precário escoamento da produção agropecuária, impedindo ali qualquer desenvolvimento marcante dessa produção.

Particularmente a região entre Florianópolis e Lages, em Santa Catarina, tem estas características. Ali os acidentes geográficos, impediram a construção de uma estrada que viesse a dar condições para um bom escoamento de sua produção agropecuária. Somente hoje, com a implantação do trecho Florianópolis-Lages da rodovia BR-282, aquele escoamento poderá ser garantido.

Em um estudo dos benefícios decorrentes da implantação desse trecho da BR-282 (ver /MENZ/), foi desenvolvido um modelo de Programação Linear que procurava medir a renda bruta máxima para aquela região, "antes" e "depois" da implantação. A avaliação foi feita tendo em vista a capacidade de escoamento da produção agrícola, que poderia ser atingida para uma área produtiva limitada. Deste modelo, que será chamado FLUX, surgiu a idéia de se construir um maior e mais genérico que se chamará FLUXG, resultando neste trabalho.

O objetivo do modelo FLUXG é de contribuir para a análise do escoamento agropecuário de uma região agrícola com dificuldades para escoar sua produção. Esta análise, levará em conta a mão-de-obra, a tecnologia, a capacidade de escoamento do sistema viário e a quantidade de terra produtiva do lugar analisado, como

principais parâmetros. O modelo abordará os pontos citados, fornecendo elementos quantitativos como medida de referência, para a análise de um sistema viário em implantação ou para o planejamento de um sistema a ser implantado.

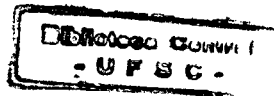
1.2. Importância do Trabalho

Um dos principais componentes do preço para o consumo de produtos é o custo devido ao seu transporte (veja /VERG/).

A falta de condições para o escoamento de produtos, além de onerar o consumidor, pode retrair as atividades de produção agropecuária por onerar também ao produtor. Esta situação, implica na necessidade de se estudar o escoamento dos produtos de regiões com potencial agropecuário importante, porém sub-utilizado ou abandonado. Este estudo será mais completo, quando for conjugado com um planejamento agropecuário para a região em foco. No entanto, tem-se ainda dificuldades para se constituir equipes multidisciplinares, o que não permite que se realizem pesquisas mais frequentes visando solucionar o problema de escoamento com o planejamento da produção (/VERG/).

Sob este aspecto, este trabalho tem uma importância particular, pois a existência de um modelo que envolve planejamento agropecuário e capacidade de escoamento pode servir de motivação para a realização de pesquisa nesta área. Desde que um modelo matemático forneça resultados quantitativos a respeito do sistema analisado, o trabalho poderá também motivar a formação de equipes multidisciplinares, pois a análise crítica daqueles resultados será de grande importância para as decisões a serem tomadas sobre o sistema.

Por outro lado, o modelo, fornecendo uma idéia de como pode se comportar a produção na área de influência de um sistema



viário, indica a direção dos investimentos a serem feitos na região.

Com uma visão das necessidades de mão-de-obra, tecnologia e capacidade de escoamento, as grandes aplicações feitas no Brasil em sistema viário, ver /VERG/, poderão se dar de forma mais adequada, com maior ajustamento à realidade.

1.3. Limitações do Trabalho

O FLUXG é um modelo de Programação Linear cuja principal limitação se refere ao fato de não se considerar, explicitamente, a influência da produção industrial (efetiva ou potencial) sobre o sistema abordado, bem como a influência dos recursos energéticos sobre o mesmo sistema.

Quanto à influência das atividades industriais, estas devem ser consideradas (assim como o tráfego de carros de passeio) ao se determinar a capacidade de fluxo da rodovia que servirá ao sistema. Quanto a influência de recursos energéticos, sua abordagem foge do escopo deste trabalho.

Outras limitações, referem-se à consideração de que cada sub-região, que compõe a região analisada, é auto-suficiente quanto a seu abastecimento, e de que os mercados, aos quais se dirige a produção, funcionarão como caixas-pretas tendo a capacidade de absorver toda a produção a eles dirigida. Ou seja, considera-se que não exista na rodovia, tráfego de produtos que saem de uma sub-região e se dirigem a outra.

É de se atentar também, para o fato de que o modelo leva em conta um planejamento regional visando a maximização da renda líquida. Os objetivos somente serão atingidos se os produtores, individualmente, se dispuserem a acatar as recomendações propostas pelo modelo.

1.4. Organização dos Capítulos

Este trabalho está composto de outros cinco capítulos onde se pretende esgotar todo o assunto relacionado ao "FLUXG".

O segundo capítulo propõe a situação problema, definindo o enfoque, segundo o qual a aplicação de FLUXG torna-se consistente. No terceiro capítulo, dar-se-á uma idéia dos tipos de modelos de escoamento que existem, com uma discussão de dois desses modelos, mostrando-se a forma como o problema do escoamento é por eles abordados.

O quarto capítulo, mostrará como se desenvolveu o modelo FLUX, que deu origem ao FLUXG. Serão descritas as etapas de seu desenvolvimento, para que se entenda, sem dificuldade, a formulação do FLUXG. Uma aplicação do FLUX é comentada para se notar a influência da capacidade de fluxo da rodovia sobre os resultados.

No quinto capítulo encontrar-se-á uma minuciosa formulação do FLUXG, enquanto o sexto capítulo indicará como deverão ser obtidos os dados para alimentação do modelo, na apresentação das conclusões e recomendações.

C A P Í T U L O I I

2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

2.1. A Situação Problema

Quando ocorre a colonização de uma região ainda virgem, condições mínimas de sobrevivência são estabelecidas baseadas em atividades agrícolas.

O desenvolvimento desta colonização depende do acesso dos colonizadores aos insumos básicos (tais como sementes, adubos, etc.), bem como das condições para se negociar o excedente da produção obtida. Desde que, acidentes geográficos acentuados dificultam a implantação de vias de acesso, quanto maior forem os acidentes da região, tanto menor será o desenvolvimento da colonização, pois maior será a dificuldade de se escoar a produção. Assim, mesmo quando a região é considerada de grande potencial agrícola, a colonização não conseguirá obter um desenvolvimento satisfatório.

Em regiões mais favorecidas, onde os acidentes geográficos permitem um fácil acesso aos insumos e também permitem o escoamento da produção, a colonização obtém seu crescimento naturalmente. Quando é necessário uma complementação no abastecimento destas regiões, sua realização é feita, em geral, através de vias que as ligam às regiões mais desenvolvidas. Este procedimento ocorre, pelo difícil acesso às regiões próximas, porém acidentadas, o que implica num custo de transporte muito maior que o custo de se importar de centros mais longínquos, porém acessíveis.

A construção de vias de escoamento, não só poderá permitir o incremento da produção agrícola naquelas regiões de difícil acesso, como também possibilitará o abastecimento das regiões cir

cunvizinhas, antes realizados por outros centros.

Assim, recomenda-se uma análise que objetive avaliar a maior renda líquida possível que se possa atingir nestas regiões , segundo suas potencialidades agrícolas.

2.2. O Enfoque Adotado para o Problema

O escoamento adequado da produção agropecuária de uma região é um dos principais fatores para que haja uma renda mínima, para cada produtor, que proporcione um incentivo para o crescimento das produções futuras.

Existem pelo menos três maneiras de se encarar o problema do escoamento da produção agropecuária, de forma a garantir - se a renda referida acima.

A primeira delas se refere à implantação de uma rodovia em alguma região, cuja colonização se fará em seguida segundo um planejamento do governo. Então, se estuda uma distribuição das propriedades naquela região, para que se tenha uma rede de estradas vicinais que dê o escoamento da produção de cada propriedade até a rodovia. Este procedimento visa a minimizar os custos de transporte e maximizar a renda líquida, com o escoamento seguro, rápido e barato dos produtos da região.

A segunda maneira de se encarar o problema, surge quando se considera uma região já colonizada, na qual existe uma rede de estradas vicinais em operação, sem que existam porém meios adequados por onde escoar a produção agropecuária até os centros comercializadores, senão as próprias estradas rurais, quase sempre precárias. É necessário então, estabelecer-se meios para que o escoamento ocorra de uma forma mais eficaz. A implantação de uma via que se utilize da rede de estradas rurais e que forneça fácil trânsito entre os centros comercializadores, pode levar a um incremento na

renda da região. Assim, se as estradas rurais conduzirem a produção das propriedades até a via referida, a vazão dos produtos, em última análise, será dependente das condições de tráfego nesta via.

Uma terceira maneira de se encarar o problema do escoamento da produção agropecuária, resulta da combinação das duas anteriores. Inicialmente, através do primeiro enfoque, determina-se uma configuração (considerada ótima; com custos mínimos) da rede de vicinais. A seguir, usa-se o segundo enfoque, pelo qual a produção é definida, tendo em vista a rodovia que liga os mercados.

O modelo, FLUXG, que se apresentará no quinto capítulo, é decorrente do segundo enfoque aqui apresentado. Quando aplicado a uma tal situação, ele deverá fornecer uma indicação de quais produtos deverão ser produzidos, qual a quantidade de cada produto (ou área total utilizada para produção) e qual será o melhor local para cultivá-los. Isto será obtido levando-se em conta a capacidade de fluxo da rodovia que liga os principais centros comercializadores para a região. Outros enfoques podem ser encontrados em /CARN/.

2.3. Uma Particularização do Problema

Particularmente, temos o caso da implantação da rodovia BR-282, em seu trecho entre Lages e Florianópolis. Esta região já está colonizada e tem uma rede de estradas rurais (vicinais à rodovia BR-282) a servi-la. Na análise do escoamento agrícola possível na região (veja /MENZ/), foi baseado este trabalho.

Desde o início da colonização de Santa Catarina se reconhece a necessidade de se ligar seu Planalto a seu Litoral. No entanto, a Serra do Mar constituiu-se num obstáculo, que não permitiu outra coisa senão a abertura de uma estrada precaríssima, que tornou-se a única alternativa para o escoamento da produção de alguns agricultores daquela região (ver /MATT/).

Até alguns anos atrás, antes do Brasil dar impulso ao desenvolvimento de estradas de rodagem, a região entre Florianópolis e Lages tinha suas atividades agrícolas desenvolvidas com a perspectiva de comercialização em uma daquelas cidades. No entanto, o alto custo de transporte fez com que aqueles dois centros se abastecessem com produtos de outras regiões. A região entre Lages e Florianópolis passou a experimentar uma decadência na sua produção agrícola (ver /MENZ/).

Como foi mencionado, existe naquela região uma rede de estradas rurais que tem principalmente a direção norte-sul com poucas alternativas para o oeste. Esta rede corta a BR-282, sendo suas componentes, portanto, estradas vicinais a ela. Assim, não cabe uma discussão para determinação da configuração ótima de uma rede de estradas vicinais para obtenção da renda líquida máxima, pois já existe implantada uma rede que atende, nos seus limites, as solicitações da região.

Como o custo para se transportar um determinado produto de um ponto da região até um de seus centros de comercialização, é em última análise função da qualidade de fluxo da rodovia em cada um de seus trechos, esta qualidade limitará, juntamente com os custos de produção, a quantidade de um produto que poderá alcançar um dos centros citados.

O modelo FLUXG aplicado à situação da BR-282, poderá fornecer indicações a respeito de quais produtos deverão ser produzidos, em que quantidades e as distâncias aos mercados.

CAPÍTULO III

3. MODELOS ESTUDADOS

3.1. Um Modelo de Programação Linear

Com o objetivo de analisar os benefícios que podem ser levados à uma dada região pelas melhorias efetuadas em suas estradas vicinais, a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT) desenvolveu a Pesquisa sobre Impactos de Rodovias Vicinais (PIRV) que, na sua FASE I, prevê a confecção de um relatório sobre os métodos de avaliação de tais impactos (ver /GEIP/).

Na parte IV do relatório, a PIRV propõe-se a "*fazer um exame crítico da Programação Linear aplicada à situação empírica, mostrando tanto as vantagens que oferece, quanto suas limitações na mensuração dos impactos de rodovias vicinais*". Para tanto formulou-se o modelo de Von Thünen (ver /THUN/) que, já em 1826, considerava em seus estudos, o efeito da melhoria dos transportes sobre a expansão e a intensificação da produção agropecuária.

Segundo o relatório da PIRV, "*um dos pressupostos básicos na análise de Von Thünen é a racionalidade do comportamento empresarial agrícola. Isto implica na escolha da combinação de atividades produtivas que maximizem a receita líquida da propriedade, sujeita às restrições de terra, capital, mão-de-obra e tecnologias disponíveis*". O modelo de Programação Linear, exprimindo estas condições, foi escrito como se segue:

$$\begin{array}{ll} \text{Max} & \sum_{j=1}^n (r_j - c_j) x_j \\ \text{s.a} & \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i=1,2,\dots,m) \end{array}$$

onde:

- x_j = unidades da atividade j ;
 r_j = receita por unidade j ;
 c_j = custo por unidade de j ;
 a_{ij} = unidades de insumo i empregadas por unidade de produção de j ;
 b_i = unidades disponíveis ou exigência mínima de insumo i .

A matriz deste modelo é composta de 37 variáveis e 31 restrições. As variáveis foram montadas como a seguir:

- 11 variáveis relativas às atividades de produção e venda;
- 15 variáveis para exprimir as atividades de transferência e trabalho;
- 5 variáveis relativas às atividades de capital;
- 6 variáveis para as atividades de transporte.

As restrições foram compostas da seguinte forma:

- 6 restrições relativas à produção e venda;
- 2 restrições quanto a disponibilidade de terra;
- 12 restrições relativas à mão-de-obra;
- 5 restrições referentes às atividades de capital;
- 6 restrições às atividades de transporte.

No Quadro 3.1, a seguir, é dada uma idéia da forma em que se pode montar esta matriz, através de um esquema sintético.

Quadro 3.1. - Breve esquema de Matriz do Modelo de Programação Linear da PIRV.

Atividades Restrições	Produção e Venda	Transferência e Trabalho	Atividades de Capital	Atividades de Transporte	Relações	Valores Independentes
FUNÇÃO OBJETIVA	$-C_1 \quad R_1$	$-C_2 \quad R_2$	$-K_3 \quad K'_3$	C_4		
PRODUÇÃO	$A_{11} \quad A'_{11}$				=	0
TERRA	A_{21}				=	B_2
MÃO-DE-OBRA		$A_{32} \quad A'_{32}$			=	0
CAPITAL			$A_{43} \quad A'_{43}$		=	B_3
TRANSPORTE	$A_{51} \quad A'_{51}$			A_{54}	=	B_4
						B_5

onde: C_j , são os vetores dos parâmetros que expressam os custos;

R_j , são os vetores dos parâmetros que expressam a renda;

K_3 e K'_3 , expressam as taxas sobre empréstimos e investimento respectivamente;

A_{ij} e A'_{ij} , são sub-matrizes da matriz global do modelo A , com parâmetros que implicam em custos e rendas respectivamente;

0 e B_i , são os vetores dos valores independentes para cada restrição e 0 é o vetor zero.

A avaliação dos impactos de melhorias nas estradas rurais, é obtida executando-se inicialmente o modelo com todos os dados originais. Em seguida, substituindo-se apenas os custos de transporte por estimativas de novos custos decorrentes das melhorias obtidas, executa-se novamente o modelo. Comparando-se a combinação das atividades oferecidas na primeira e segunda execução, se obterá uma idéia da influência das melhorias levadas a cabo nas estradas rurais, sobre a região.

3.2. Um Modelo de Simulação

Com o objetivo de "desenvolver um método de avaliação de investimentos em produção agrícola e em estradas vicinais", Rezende (ver /REZN/), estudou na COPPE/UFRJ, um modelo de simulação que permitisse a interação dos técnicos no processo de planejamento de estradas vicinais. Sem a pretensão de otimizar a alocação de recursos, o objetivo do modelo foi de "orientar a formulação de sistemas alternativos de estradas vicinais, a partir da análise de alternativas previamente testadas". Para tanto, o modelo considera os custos dos investimentos na construção de estradas vicinais e preparação da terra, e os preços dos insumos e produtos, que devem ser obtidos exogenamente. O modelo, também leva em conta "os custos unitários de produção estimados por produto e tipo de solo, a partir dos preços e dos coeficientes de consumo de sementes, mão-de-obra, fertilizantes, hora de máquina e irrigação".

Este modelo fornece indicações de quantidade produzida por tipo de cultura, volume escoado por ligação da rede, quantidade de insumos consumidos na lavoura, receita e custos dos produtores, dos transportes e do governo, bem como a taxa anual de retorno do investimento.

Para cada valor estimado dos parâmetros, que alimentam o modelo, uma nova configuração da rede de estradas vicinais por região é obtida. Numa dada configuração é selecionado para cada trecho um tipo de produto, que será cultivado na área de influência da quele trecho.

As equações que formam a quantidade produzida num trecho são as seguintes:

$$q_j = hL_j a_j \quad \text{e} \quad q_{ij} = hL_j b_{ij}$$

Onde:

q_j = quantidade da cultura no trecho j ;

q_{ij} = quantidade do insumo i consumido no trecho j ;
 a_j = produtividade média, por unidade de área, da cul
 tura do trecho j ;
 b_{ij} = consumo médio, por unidade da área do insumo i ,
 no trecho j ;
 L_j = comprimento do trecho j ;
 h = largura média de cada trecho.

Os preços de uma cultura e de insumos em um trecho são obtidos pelas equações a seguir:

$$P_{ci} = P_c^* - F_j \quad \text{e} \quad P_{ij} = P_i^* + F_{ij}$$

onde:

P_{cj} = preço unitário do produto c pago ao produtor no
 trecho j ;
 P_{ij} = preço unitário do insumo i pago pelo produtor
 no trecho j ;
 P_c^* = preço unitário da cultura c obtido no mercado
 da região;
 P_i^* = preço unitário do insumo i no mesmo mercado;
 F_j = frete do transporte de uma unidade do produto do
 trecho j para o mercado;
 F_{ij} = frete do transporte de uma unidade do insumo i
 para o trecho j .

A rentabilidade do trecho j com a cultura c é dada pela receita menos a despesa do produtor no trecho:

$$R_j(c) = p_c^* q_j - \sum_i p_i^* q_{ij} - (F_j q_j + \sum_i F_{ij} q_{ij})$$

A cultura mais rentável para o trecho j é a que maxi
 miza $R_j(c)$.

Com a diferença entre a receita líquida das configura

ções obtidas pelo modelo e da configuração existente, se obtém o benefício atingido por cada proposta resultante das simulações. Desde que os benefícios sejam maiores que os investimentos necessários para a viabilização da configuração proposta, então esta configuração será considerada preferível à já existente.

3.3. Considerações Gerais

Neste ponto deseja-se evidenciar alguns aspectos dos modelos acima estudados.

Em primeiro lugar percebe-se que, enquanto o modelo de Programação Linear é um modelo de avaliação, o modelo de Simulação se volta para o planejamento.

Levando em conta a produção em desenvolvimento na região, o modelo do item 3.1, observa seu comportamento diante da variação dos custos de transporte, ao se introduzir melhorias nas estradas vicinais. Este modelo não propõe quaisquer mudanças nos tipos de produtos, avaliando as alterações na renda líquida apenas em função dos custos de transporte e na variação da produção, devido a variação destes mesmos custos. Já o modelo do item 3.2 fornece uma visão da influência sobre a renda líquida, exercida pelos diversos tipos de produtos, que resultam das (ou nas) diversas configurações para as redes de estradas vicinais. Portanto, com o modelo de Simulação, ao planejar-se a implantação de uma rede de estradas vicinais, tem-se uma definição sobre a produção agrícola e o retorno que dela se pode esperar.

Em segundo lugar nota-se que, apesar do modelo de Simulação levar em conta a quantidade dos produtos em cada trecho da rede, ambos os modelos consideram que toda e qualquer produção pode ser escoada sem que seja levado em conta o tráfego nas estradas rurais. Mais ainda, ambos os modelos consideram a existência de uma

estrada de penetração (uma rodovia) em pleno funcionamento, ou seja, não se aplicam em regiões sem acesso a mercados capazes de absorver toda e qualquer produção analisada.

Assim, apesar de oferecerem boas medidas para a avaliação dos benefícios causados pela melhoria, ou implantação, dos sistemas de estradas vicinais, os modelos acima se esquivam da análise dos impactos da implantação de semelhantes sistemas em regiões pouco desenvolvidas, onde, pela precariedade, as principais vias de escoamento não oferecem condições de vazão de sua produção.

3.4. Os Modelos e o Caso da BR-282

Como já foi discutido, a implantação da rodovia BR-282 se dará numa região já colonizada e com um conjunto de estradas rurais em funcionamento. Sendo assim, sua desconsideração com o objetivo de se estudar as melhorias das estradas rurais, como faz o modelo de Programação Linear, bem como para o estudo de uma rede de estradas rurais, acompanhada da configuração da produção, como propõe o modelo de Simulação, não se adequa bem neste caso.

Deve-se notar que a melhoria das estradas rurais existentes naquela região, pura e simplesmente, não cumpriria a meta de torná-la abastecedora dos mercados de Lages e Florianópolis. A produção poderia aumentar, porém seu escoamento continuaria na direção norte-sul e certamente continuaria propiciando o abastecimento daqueles mercados através de outras regiões, como vem sendo feito hoje em dia (veja /MENZ/).

Por outro lado, devido ao fato de já existirem ali propriedades enraizadas, não é muito recomendado que se proponha uma recomposição dessas propriedades, que fatalmente ocorreria como resultado da definição de uma nova rede de estradas rurais que levaria à uma nova situação na alocação dos produtos. Além disso, perma

neceria o problema do abastecimento dos mercados de Lages e Flórida, que teria ainda de ser suprido pelas estradas rurais da nova rede.

Assim sendo, na situação da região entre aqueles dois mercados, que supõe-se não ser singular no Brasil, a consideração da rodovia é fundamental para se ter uma idéia de como pode ser feito o abastecimento àqueles mercados e de como a região poderá ter sua produção incrementada.

C A P Í T U L O I V

4. O MODELO "FLUX" BÁSICO

4.1. Estrutura Geral do Modelo FLUX

Devido a participação do autor na elaboração do modelo FLUX e também ao fato deste modelo ter dado origem a este trabalho, faz-se uma descrição mais detalhada do mesmo, no intuito de facilitar a compreensão do modelo FLUXG, abordado no capítulo seguinte.

Ao se procurar medir os benefícios causados pela implantação de uma rodovia numa região essencialmente agrícola, deve-se observar quais fatores influem naquela produção e assim ter-se os elementos necessários à análise. Dentre os principais fatores, poderão ser considerados os seguintes:

- área cultivável
- tipo de produtos
- mão-de-obra disponível
- tecnologias disponíveis
- energias disponíveis (elétrica, biodigesta, etc.)
- insumos

e seus respectivos custos.

De acordo com o acesso a esses recursos, a produtividade alcançada poderá ser alta, propiciando à região uma grande produção. Para que não haja colapso na produção, e a região se fortaleça e cresça, é necessário que uma forma eficiente de escoamento esteja ao alcance dos produtores. Devem haver meios de transporte compatíveis com a região, e de baixos custos, para facilitar o escoamento para os mercados onde se realiza a comercialização, e fazer com que o retorno obtido pelos produtores justifique maior dedicação à pro

dução. Tais meios de transporte podem ser rodoviário, ferroviário, fluvial ou até mesmo aéreo.

Pela importância do transporte rodoviário no Brasil, e pela origem já mencionada deste trabalho, foi dada ênfase a este tipo de transporte.

A avaliação dos benefícios proporcionados pela implantação de uma rodovia, implica não só na determinação das vantagens do empreendimento, como também na indicação dos elementos que tornam a aplicação vantajosa. Portanto, o modelo a ser desenvolvido, deverá ser capaz de fornecer elementos que indiquem de que forma a produção agrícola será atingida, e quais produtos influenciarão no comportamento da produção.

O modelo FLUX, procurará atingir os objetivos acima citados, a partir da consideração do fluxo possível em uma rodovia.

O desenvolvimento de tal modelo implica na avaliação da infra-estrutura da região, de forma a permitir que se faça um balanceamento entre os recursos disponíveis e a sua capacidade de transporte.

Para se obter esse balanceamento, em primeiro lugar, deve-se procurar dividir a região em estudo, em sub-regiões homogêneas. Ou seja, sub-regiões que guardem as mesmas características com relação à produção (tipo de solo, potencial agrícola, etc.), e que tenham delineada uma rede de estradas vicinais "independente", que possibilite a determinação de um único ponto de acesso da sub-região à rodovia, por onde se dará o escoamento de toda produção.

Tendo em vista a determinação da produção possível, obtem-se: a quantidade de terra cultivável, disponível em cada sub-região; a produtividade média de cada um dos produtos a serem produzidos e a capacidade de fluxo da rodovia que deverá dar escoamento à produção até os mercados comercializadores.

Admite-se que cada sub-região escoar o que excede de

seu auto-sustento, e que os mercados têm capacidade de absorver to da produção da região de influência da estrada.

Como a rodovia liga dois mercados que "concorrem" entre si, o fluxo de produtos se dará para um e/ou outro extremo da rodovia, dependendo da distância do acesso da sub-região até o mercado e dos preços oferecidos por esses mercados para os diversos produtos.

Desenvolvida esta análise, pode-se formular o modelo FLUX que maximizará a renda bruta da região, levando em consideração o balanceamento citado. Neste caso em particular, a rodovia é a BR-282, e a região é a de seu trecho entre Lages e Florianópolis.

4.2. Uma Descrição do Modelo FLUX

Com a implantação da BR-282, a ligação entre o Litoral e o Planalto Catarinense se concretizará e deverá dar novo impulso à região.

Conforme o item anterior expõe, para se construir o modelo FLUX, de maneira a fornecer uma idéia de que a região pode realmente ser beneficiada com aquela ligação, necessita-se dos seguintes dados:

- (i) escolha de um intervalo de tempo no qual a produção se escoa da região;
- (ii) divisão da região total em sub-regiões homogêneas;
- (iii) determinação do ponto de acesso (confluência da rede de vicinais) da sub-região à rodovia;
- (iv) total das áreas cultiváveis de cada sub-região;
- (v) potencial agrícola (produtos que podem ser produzidos) de cada sub-região;
- (vi) produtividade (média) de cada produto em cada sub-região;
- (vii) capacidade de fluxo da estrada, nos trechos entre as sub-

regiões, durante um intervalo de tempo, definido no item (i).

De acordo com as características observadas e os dados disponíveis, obteve-se o que se segue.

Para (i) determinou-se um período de 3 meses, por ter sido considerado como o período representativo da produção. Considerou-se, na época, que neste intervalo de tempo poderia se dar todo o escoamento da produção, principalmente porque não se levava em conta o escoamento de um produto em particular, ou seja, não se considerava o período específico da safra de um produto.

Para (ii) considerou-se 8 sub-regiões homogêneas, compondo a região total, quais sejam:

Sub-região 1 - Lages (Município);

Sub-região 2 - São Joaquim, Urubici;

Sub-região 3 - Bom Retiro;

Sub-região 4 - Alfredo Wagner, Leoberto Leal, Ituporanga, Imbuia;

Sub-região 5 - Angelina, Major Gercino;

Sub-região 6 - Anitápolis, Rancho Queimado;

Sub-região 7 - Águas Mornas, São Bonifácio;

Sub-região 8 - São José, Santo Amaro da Imperatriz e Palhoça.

Para (iii) os acessos foram reduzidos a um por sub-região e são:

Sub-região 1 - Índios;

Sub-região 2 - Bom Retiro;

Sub-região 3 - Bom Retiro;

Sub-região 4 - Alfredo Wagner;

Sub-região 5 - Rancho Queimado;

Sub-região 6 - Rancho Queimado;

Sub-região 7 - Barra do Rio dos Bugres;

Sub-região 8 - Santo Amaro da Imperatriz.

Para (iv) obteve-se as seguintes áreas cultiváveis:

Sub-região 1 - 42.467 ha;

Sub-região 2 - 12.819 ha;

Sub-região 3 - 6.894 ha;

Sub-região 4 - 49.328 ha;

Sub-região 5 - 24.697 ha;

Sub-região 6 - 26.718 ha;

Sub-região 7 - 25.447 ha;

Sub-região 8 - 19.983 ha.

Para (v), por tratarem-se de produtos tradicionais, ou que vêm ganhando preferência dos produtores da região (soja, por exemplo), os produtos selecionados para se incorporarem ao modelo foram:

P ₁ - arroz;	P ₂ - batata;	P ₃ - cebola;
P ₄ - feijão;	P ₅ - mandioca;	P ₆ - milho;
P ₇ - soja;	P ₈ - trigo;	P ₉ - maçã;
P ₁₀ - pêssigo;	P ₁₁ - uva;	P ₁₂ - laranja
P ₁₃ - tomate;	P ₁₄ - fumo;	P ₁₅ - banana.

O quadro a seguir, fornece a sua distribuição por sub-região:

Quadro 4.1 - Produtos por sub-região (Fonte: Zoneamento Agroclimato lógico de Santa Catarina - EMPASC)

Produtos Sub-Região	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	
2	x	x	x	x		x			x				x	x	
3	x	x	x	x		x	x		x				x	x	
4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x	x
6	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	
7	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x	x
8	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x	x

onde: x representa a presença do produto na sub-região.

Para (vi), desde que as sub-regiões são formadas por municípios e os dados obtidos para a produtividade referem-se a eles, os dados para as sub-regiões passam a representar a média da produtividade naqueles municípios.

Por exemplo, se a produtividade de um produto num município de 10.000 ha é de 6 t/ha e a produtividade do mesmo produto num outro município de 20.000 ha é de 3 t/ha, então a produtividade média da sub-região formada por estes dois municípios é de:

$$\text{Prod. Méd.} = \frac{6 \times 10000 + 3 \times 20000}{30000} = 4 \text{ t/ha.}$$

Com base nesses cálculos, obteve-se a produtividade média de cada produto em cada sub-região. O quadro seguinte mostra os respectivos valores recíprocos que são usados no modelo.

Quadro 4.2 - Valores recíprocos das produtividades médias em cada sub-região, para cada produto, calculados a partir de dados do Censo Agrícola de 1975 - IBGE, em ha/t.

Produtos Sub-Região	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,16	0,12	0,11	1,77	0,40	0,55	1,18	-	0,14	0,13	0,15	0,05	-	0,6	-
2	0,83	0,06	0,17	1,62	-	0,74	-	-	0,20	-	-	-	0,02	0,57	-
3	1	0,1	0,17	1,67	-	0,42	8,03	-	0,17	-	-	-	0,02	0,59	-
4	1,77	0,12	0,11	1,12	0,05	0,64	0,65	2,89	0,17	0,2	0,15	0,06	0,05	0,59	0,03
5	0,67	0,09	0,11	0,89	0,07	0,48	-	-	-	0,07	0,09	0,03	0,03	0,57	0,03
6	1,33	0,11	0,07	1,80	0,07	0,62	-	-	0,09	0,07	0,17	0,04	0,04	0,53	-
7	0,96	0,11	0,14	1,97	0,06	0,85	-	-	-	-	0,10	0,03	0,04	0,53	0,03
8	0,47	0,10	0,10	1,15	0,07	0,65	-	-	-	-	0,18	0,04	0,03	0,54	0,03

Para (vii), as capacidades de fluxo obtidas para um período de 3 meses, são expressas no Quadro 4.3, nos trechos entre cada sub-região.

Quadro 4.3 - Capacidade de fluxo dos trechos i-j (para obtenção do cálculo ver /MENZ/).

Sub-regiões i-j	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
Capacidade 1000t/3meses	703,8	1439,1	∞^*	1530,0	1014,3	∞^*	1055,7	1201,5	6849,0

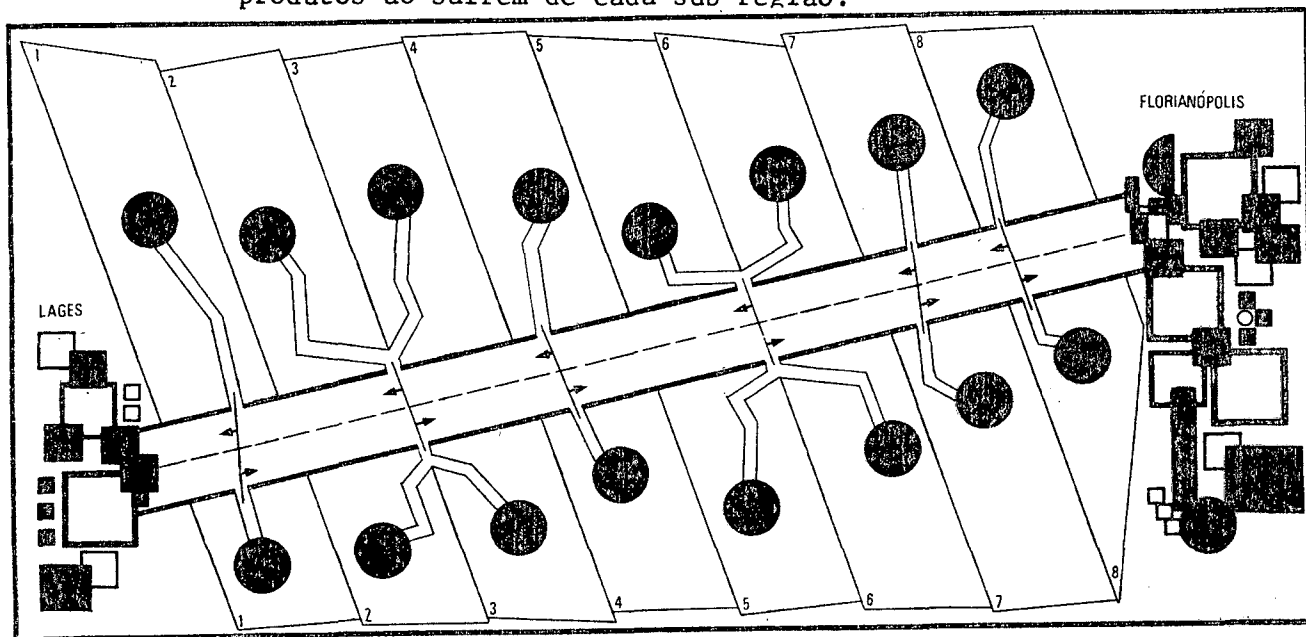
* Como os acessos à rodovia das sub-regiões 2,3,5 e 6 são os mesmos, considera-se que a capacidade de fluxo nos trechos 2-3 e 5-6 é infinita.

Obs.: Aqui considera-se a sub-região 0 como sendo o mercado de Lages e a sub-região 9 como sendo o mercado de Florianópolis.

Para uma visualização melhor da dinâmica do escoamento neste caso, esboça-se esta situação na figura 1 abaixo.

Pode-se perceber, através destas informações, que existe uma conveniência em se formular um modelo de programação linear.

Figura 1 - Esboço da região entre Lages e Florianópolis, dividida em sub-regiões, com os possíveis acessos à rodovia, e sentidos que podem tomar os produtos ao saírem de cada sub-região.



Legenda:

- - sub-regiões
- ↔ - pontos de acesso à rodovia, com os possíveis sentidos do fluxo de produtos produzidos.
- - mercados comercializadores

Dar-se-á então, uma formulação verbal do FLUX, tendo em vista as necessidades do trabalho que o originou, como se segue:

- determinação das produções por produto e região;
- determinação dos fluxos na direção de Florianópolis e Lages, de modo que:
 - (i) a produção seja compatível com as áreas disponíveis;
 - (ii) os fluxos não excedam a capacidade de estrada, disponível em cada trecho.

Pelo exposto acima, pode-se ter um parâmetro para analisar os benefícios causados pela implantação da estrada (BR - 282 neste caso): a renda obtida com a comercialização dos produtos produzidos no mercado de Lages ou Florianópolis. Na verdade, a obtenção desta renda é o objetivo do FLUX, que tem sua descrição matemática feita a seguir.

4.3. Formulação Matemática

4.3.1. A Forma Ampla

Para que haja boa compreensão do FLUX, inicialmente dar-se-á uma descrição de sua forma original.

ÍNDICES

R - número total de sub-regiões.

P - número total dos produtos que podem ser produzidos em toda a região de influência da rodovia, neste caso a BR-282.

$r=1, \dots, R$ - índice da sub-região r .

Pode-se representar:

. mercado de Lages com $r=0$;

. mercado de Florianópolis com $r=R+1$.

$p=1, \dots, P$ - índice do produto.

SUPER-ÍNDICES

L - indica o mercado de Lages.

F - indica o mercado de Florianópolis.

PARÂMETROS

H_r - área cultivável na r-ésima sub-região (ha).

$PRDT_r$ - conjunto que define os produtos com produção possível na sub-região r.

C_r - capacidade do fluxo total no trecho entre as sub-regiões r e r+1, com $r=0,1,\dots,R(t/3 \text{ meses})$.

PC_p^L, PC_p^F - preço do produto p, por tonelada, em Lages e Florianópolis respectivamente (1000 Cr\$/t).

$PVD_{r,p}$ - fator de ocupação da terra, é o recíproco da produtividade média que o produto p alcançou na sub-região r (ha/t).

VARIÁVEIS DECISÓRIAS

$Y_{r,p}^L, Y_{r,p}^F$ - quantidade do produto p, produzido na sub-região r que se escoia para Lages e Florianópolis respectivamente (t).

$FLU_{r,p}^L$ - o fluxo acumulado do produto p, que se escoia para Lages no trecho entre as sub-regiões r+1 e r com $r=0,\dots,R(t/3 \text{ meses})$.

$FLU_{r,p}^F$ - fluxo acumulado do produto p, que se escoia para Florianópolis, entre as sub-regiões r e r+1 com $r=0,\dots,R(t/3 \text{ meses})$.

EX_p^L, EX_p^F - excedente da produção do produto p, em Lages e Florianópolis, respectivamente (t).

Ao considerar-se a região de influência da BR-282, como pode ser notado no item anterior, definiu-se $R=8$ e $P=15$, com $\bigcup PRDT_r = \{1,\dots,15\}$. As restrições sob consideração do FLUX então ficaram:

a) Restrição de excedente de produção em Lages e Florianópolis

nópolis

Todo o excedente da produção, das diversas sub - regiões, deve chegar a um dos mercados para comercialização:

$$a_1) \text{FLU}_{0,p}^l - EX_p^l = 0 \quad p=1,\dots,P$$

$$a_2) \text{FLU}_{R,p}^f - EX_p^f = 0 \quad p=1,\dots,P$$

b) Restrições de continuidade

Estas restrições garantem a continuidade do fluxo dos produtos na rodovia. Elas estabelecem que a quantidade de produtos transportados num trecho, é igual à quantidade transportada no trecho anterior mais a produção da sub-região daquele trecho:

Fluxo para Lages

$$\text{FLU}_{r-1,p}^l = \text{FLU}_{r,p}^l \quad \forall p \notin \text{PRDT}_r, \quad r=1,2,\dots,R+1 \quad (\text{RC1})$$

$$\text{FLU}_{r-1,p}^l = \text{FLU}_{r,p}^l + y_{r,p}^l \quad \forall p \in \text{PRDT}_r, \quad r=1,2,\dots,R+1 \quad (\text{RC1}')$$

Fluxo para Florianópolis

$$\text{FLU}_{r+1,p}^f = \text{FLU}_{r,p}^f \quad \forall p \notin \text{PRDT}_r, \quad r=0,1,\dots,R \quad (\text{RC2})$$

$$\text{FLU}_{r+1,p}^f = \text{FLU}_{r,p}^f + y_{r,p}^f \quad \forall p \in \text{PRDT}_r, \quad r=0,1,\dots,R \quad (\text{RC2}')$$

c) Restrição de Produtividade

Esta restrição garante que a produção total na sub-região abordada - obtida nos resultados do modelo -, não ultrapassará a quantidade máxima possível a ser produzida na área cultivável disponível.

$$\sum_{p \in \text{PRDT}_r} \text{PVD}_{r,p} (y_{r,p}^l + y_{r,p}^f) \leq H_r, \quad r=1,\dots,R \quad (\text{RP})$$

d) Restrição de Capacidade de Fluxo

Como definido pelo Highway Capacity Manual 1965, no seu capítulo de definições, pág. 7, a capacidade de uma rodovia " é o número máximo de veículos que podem passar numa pista, ou numa rodovia, em uma direção (ou em ambas as direções, em rodovias de duas

ou três pistas) durante um dado período de tempo sob condições pre valecentes de rodovia e tráfego" (ver /NATI/). Desde que o tráfego é a condição que mais pode mudar e que, dependendo das limitações da estrada, pode afetar o fluxo, define-se a restrição de capacida de de fluxo da estrada, como limitante do tráfego até a capacidade de fluxo medida em cada trecho.

$$\sum_{p=1}^P (FLU_{r,p}^L + FLU_{r,p}^F) \leq C_r \quad r=1, \dots, R \quad (RF \ 1)$$

e) Função Objetivo

Para estabelecer um parâmetro de comparação entre a situação anterior e posterior à implantação da estrada, maximiza-se a renda bruta da região, levando-se em conta os preços nos mercados de Lages e Fliranópolis:

$$\sum_{p=1}^P (PC_p^E EX_p^L + PC_p^F EX_p^E)$$

f) O Modelo Completo

O modelo FLUX pode ser escrito matematicamente em sua forma original como se segue:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \sum_{p=1}^P (PC_p^L EX_p^L + PC_p^F EX_p^F) \\ \text{s.a} \quad & FLU_{0,p}^L - EX_p^L = 0 \quad p=1, \dots, P \\ & FLU_{R,p}^F - EX_p^F = 0 \quad p=1, \dots, P \\ & FLU_{r-1,p}^L = FLU_{r,p}^L \quad \forall p \notin PRDT_r, \quad r=1, 2, \dots, R+1 \\ & FLU_{r-1,p}^L = FLU_{r,p}^L + y_{r,p}^L \quad \forall p \in PRDT_r, \quad r=1, 2, \dots, R+1 \\ & FLU_{r+1,p}^F = FLU_{r,p}^F \quad \forall p \notin PRDT_r, \quad r=0, 1, \dots, R \\ & FLU_{r+1,p}^F = FLU_{r,p}^F + y_{r,p}^F \quad \forall p \in PRDT_r, \quad r=0, 1, \dots, R \\ & \sum_{p \in PRDT_r} PVD_{r,p} (y_{r,p}^L + y_{r,p}^F) \leq H_r \quad r=1, \dots, R \\ & \sum_{p=1}^P (FLU_{r,p}^L + FLU_{r,p}^F) \leq C_r \quad r=1, \dots, R \end{aligned}$$

4.3.2. A Forma Simplificada do FLUX

O modelo FLUX como apresentado no item anterior, possui uma especificação muito grande das restrições e variáveis, fazendo com que ocorra um bom número de restrições redundantes. A representação da situação desejada e o objetivo de maximizar a renda bruta, podem ser conseguidos com um número bem menor de restrições e variáveis, como demonstra-se abaixo.

Nota-se que o fluxo, tanto para Lages quanto para Florianópolis, num trecho qualquer da estrada, depende da produção existente nos trechos anteriores. Observa-se também que se $p \notin \text{PRDT}_r$, então $Y_{r,p}^L = Y_{r,p}^F = 0$. Logo o produto p não contribuirá para o fluxo no trecho determinado por r . Sendo assim, as equações das restrições de continuidade podem ser escritas como se segue.

O Fluxo para Lages

$$\text{FLU}_{r-1,p}^L = \text{FLU}_{r,p}^L + Y_{r,p}^L = \text{FLU}_{r+1,p}^L + Y_{r+1,p}^L + Y_{r,p}^L = Y_{r,p}^L + \dots + Y_{r+1,p}^L + Y_{r,p}^L \quad (\text{FL } 1)$$

para todos os $p \in \text{PRDT}_r$ e $r=1,2,\dots,R+1$

Nota-se que, como $R+1$ é o mercado de Florianópolis, uma sub-região não produtora, para $r=R+1$ tem-se:

$$\text{FLU}_{(R+1)-1,p}^L = \text{FLU}_{R,p}^L = 0$$

Então o fluxo para Lages pode ser escrito como abaixo:

$$\text{FLU}_{r-1,p}^L = \sum_{\substack{p \in \text{PRDT}_r \\ r \geq r}} Y_{p,p}^L \quad r = 1,2,\dots,R+1 \quad (\text{FL } 2)$$

O Fluxo para Florianópolis

$$\text{FLU}_{r+1,p}^F = \text{FLU}_{r,p}^F + Y_{r,p}^F = \text{FLU}_{r-1,p}^F + Y_{r-1,p}^F + Y_{r,p}^F = Y_{1,p}^F + \dots + Y_{r-1,p}^F + Y_{r,p}^F \quad (\text{FF } 1)$$

para todos os $p \in \text{PRDT}_r$ e $r=0,1,\dots,R$

Similarmente ao fluxo para Lages, por $r=0$ representar este mercado, tem-se:

$$\text{FLU}_{0+1,p}^F = \text{FLU}_{1,p}^F = 0$$

Com isto, pode-se escrever o fluxo para Florianópolis como se segue:

$$FLU_{r+1,p}^F = \sum_{\substack{\rho \leq r \\ \rho \in PRDT_p}} Y_{\rho,p}^F \quad r = 0, 1, \dots, R \quad (FF \ 2)$$

Devido ao fato do valor da capacidade de fluxo da estrada em um trecho entre a r -ésima e a $(r+1)$ -ésima sub-região, ser obtido independentemente do sentido do tráfego, é conveniente que o índice para a sub-região da variável FLU possa expressar o mesmo trecho, com uma variação única para ambos os sentidos. Por isso redefine-se r em (FL 2), da seguinte maneira:

$$r = s+1, \text{ ou seja } s = r-1$$

e se $r=1, 2, \dots, R+1$ então $s=0, 1, \dots, R$, com isto (FL 2) fica:

$$FLU_{s,p}^L = \sum_{\substack{\rho \geq s+1 \\ \rho \in PRDT_p}} Y_{\rho,p}^L \quad s = 0, 1, \dots, R \quad (FL \ 2')$$

Voltando a chamar de r o índice em (FL 2'), a restrição da capacidade de fluxo (RF 1) pode ser reescrita como a seguir:

$$\sum_{\substack{\rho \leq r \\ \rho \in PRDT_p}} Y_{\rho,p}^F + \sum_{\substack{\rho \geq r+1 \\ \rho \in PRDT_p}} Y_{\rho,p}^L \leq C_r \quad r = 0, 1, \dots, R \quad (RF \ 2)$$

onde $Y_{0,p}^L = Y_{R+1,p}^F = 0$

A representação dos fluxos para Lages e Florianópolis, dada por (FL 2') e (FF 2), além de facilitar a representação da restrição de capacidade de fluxo, como visto acima, facilita também a representação de todo o modelo, pois elimina-se as variáveis FLU e EX, cujo contendo fica implícito em (RF 2).

A função objetivo também poderá ser escrita sem a presença das variáveis FLU e EX, da forma seguinte,

$$\sum_{r=1}^R \sum_{\rho \in PRDT_r} (P_{\rho,p}^L \cdot Y_{r,p}^L + P_{\rho,p}^F \cdot Y_{r,p}^F)$$

com isto o modelo pode ser reescrito, contendo um menor número de restrições e variáveis, como se segue:

$$\text{MAX} \sum_{r=1}^R \sum_{\rho \in PRDT_r} (P_{\rho,p}^L \cdot Y_{r,p}^L + P_{\rho,p}^F \cdot Y_{r,p}^F)$$

s.a

$$\begin{aligned} \sum_{\rho \in PRDT_r} PVD_{r,p} (Y_{r,p}^L + Y_{r,p}^F) &\leq H_r \quad r=1, 2, \dots, R \\ \sum_{\substack{\rho \leq r \\ \rho \in PRDT_p}} Y_{\rho,p}^F + \sum_{\substack{\rho \geq r+1 \\ \rho \in PRDT_p}} Y_{\rho,p}^L &\leq C_r \quad r = 0, 1, \dots, R \end{aligned}$$

4.4. A Execução do FLUX e seus Resultados

Com os dados apresentados no item 4.2, para 15 produtos e 8 sub-regiões, executou-se o FLUX no computador IBM-4341 da UFSC, pelo algoritmo PROJECT (ver /RODD/), alternativo ao Simplex. Para se mostrar como a implantação da BR-282 pode favorecer a região entre Lages e Florianópolis, com uma visão comparativa entre a situação de "antes" e "depois" da implantação da rodovia, além de se utilizar os preços dos produtos em 1975 (dados no Quadro 4.5 a baixo), o modelo foi executado considerando-se os valores da capacidade de fluxo da estrada (Quadro 4.3), divididos por 1000 (mil), como sendo a situação da estrada "antes".

Pode-se perceber, a partir dos Quadros 4.6 e 4.7, que o preço do produto possui um peso altamente significativo no modelo, levando-o a indicar apenas um produto para a região. No entanto, mesmo tendo um preço menor em Lages, pelo fato da produção total a ser transportada exceder a capacidade de fluxo da estrada em alguns trechos, parte da produção se dirige para aquela cidade.

Quadro 4.5 - Preços em 1000 cruzeiros/tonelada dos produtos nos mercados de Florianópolis e Lages*. (Fonte: IBGE)

Produtos Mercados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Florianópolis	6,20	3,0	4,00	7,0	0,6	3,60	5,35	4,33	8,32	2,80	10,0	1,92	4,0	21,0	0,85
Lages	4,78	2,39	4,00	7,3	0,7	4,00	*	4,35	5,00	6,40	6,0	1,50	5,0	13,0	0,90

* - O produto 7 não tem escoamento na direção de Florianópolis.

- Quando não se encontra na referência, preço em Lages ou Florianópolis, considera-se o preço da região mais próxima.

- Considerou-se 5000 unidades de maçãs = a 1 tonelada
6000 unidades de pêssego = a 1 tonelada
8000 unidades de laranjas = a 1 tonelada

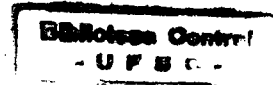
A importância da restrição de capacidade do fluxo é no

Quadro 4.6 - Quantidade de produto em tonelada/3 meses $\times 10^3$ que escoou de uma sub-região para um mercado, considerando-se a capacidade de fluxo calculada para a BR-282, reduzida em mil vezes.

Sub-Região	Produto Indicado	Quantidade Produzida	Escoamento para
1	Fumo	0,2	Florianópolis
2	Fumo	0,2	Lages
3	Fumo	0,2	Lages
4	Fumo	0,1	Lages
4	Fumo	0,1	Florianópolis
5	Fumo	0,001	Lages
5	Fumo	0,2	Florianópolis
6	Fumo	0,4	Florianópolis
7	Fumo	0,4	Florianópolis
8	Fumo	5,6	Florianópolis

Quadro 4.7 - Quantidade de produto em tonelada/3 meses $\times 10^5$, que escoou de uma sub-região para um dos mercados, considerando-se a capacidade de fluxo calculada para a BR-282.

Sub-Região	Produto Indicado	Quantidade Produzida	Escoamento para
1	Fumo	0,7	Lages
2	Tomate	1,4	Florianópolis
2	Fumo	0,2	Lages
3	Tomate	3,4	Florianópolis
4	Fumo	0,8	Lages
5	Pêssego	1,8	Florianópolis
5	Uva	1,4	Lages
6	Pêssego	3,8	Lages
7	Uva	3,8	Lages
7	Tomate	1,6	Florianópolis
7	Fumo	0,2	Lages
8	Tomate	6,6	Florianópolis



tada quando o modelo, executado com os dados normais, calculados para a BR-282, fornece os dados do Quadro 4.7.

Como se nota, apesar da influência do preço (devido a sua presença na função objetivo), o aumento da capacidade de fluxo nos diversos trechos já permitiu uma diversificação dos produtos que escoam para um ou outro mercado, dependendo do tráfego. Pode-se ver, por exemplo, que o produto pêssego é produzido em sub-regiões diferentes e escoam para mercados diferentes.

Mesmo com a diversificação de produtos alcançada neste modelo, ainda não se expressa a realidade adequadamente.

Espera-se que estas limitações se resolvam com as inclusões das restrições de mão-de-obra, hora-máquina e do custo de transporte, entre outras alterações que resultaram no FLUXG.

C A P Í T U L O V

5. GENERALIZAÇÃO DO MODELO FLUX: O MODELO FLUXG

5.1. Aproximação à Realidade

O modelo FLUX como apresentado no capítulo anterior , pode, quando muito, fornecer uma visão grosseira do comportamento da produção agrícola da região "antes" ou "depois" da implantação da estrada.

Para que os resultados de um modelo contenha maior confiabilidade, ou seja, para que seus resultados sejam mais próximos da realidade, deve-se considerar na medida do possível todos os fatores que influenciam e induzem a produção, cujo escoamento será analisado.

Alguns desses fatores como mão-de-obra, hora-máquina , insumos disponíveis, seus custos respectivos e o custo de se transportar os produtos de uma sub-região até um dos mercados, serão levados em consideração pelo FLUXG. No entanto, a incorporação de um fluxo de caixa, que forneça o nível de investimentos e a necessidade de se obter crédito junto às instituições financeiras, o que poderia aproximá-lo ainda mais da realidade, é de tratamento muito complexo, fugindo do domínio deste trabalho.

Um outro fator que deve ser levado em consideração é o intervalo de tempo, no qual se dará o escoamento. Desde que cada um dos produtos pode ter sua safra, ou safras, em períodos diferentes, pode ocorrer que num período o tráfego na rodovia seja intenso, enquanto noutro a rodovia terá um tráfego fraco. Uma unidade de tempo deve ser convenientemente adotada, de forma a caracterizar-se

esta situação. Assim, o modelo poderá indicar o escoamento de um produto exclusivamente no seu período de safra que, na maioria dos casos, coincide com o período de comercialização.

Pelo fato de que sempre é possível identificar-se, para cada produto, os meses de plantio e safra, considerou-se o intervalo de tempo de um mês, como o mais conveniente para indicar ao modelo quando ocorrerá uma safra e, portanto, quando o produto escoará.

Esta escolha facilitará uma abordagem diferenciada sobre os produtos perenes e temporários, como se verá a seguir.

5.2. O Uso da Terra

Ao realizar-se a seleção dos produtos a serem cultivados na região abordada, certamente culturas perenes e temporárias serão escolhidas. Sendo assim, a terra disponível para a produção deve ser considerada conforme a duração da cultura.

As culturas perenes ocuparão a área, a elas destinadas, durante todo o ano, enquanto as temporárias ocupam uma área durante um período que varia, conforme o tipo de cultura, não só na sua extensão, como também nos meses em que devem ser cultivadas. Além disso, existem culturas que dependendo da região podem ser cultivadas duas vezes num ano.

Para facilitar a abordagem do modelo a estas considerações, serão feitas as definições abaixo.

Cada produto, inicialmente, continuará a ser identificado com um índice, como no capítulo anterior. No entanto, aqueles produtos que podem ter dois ou mais cultivos em um ano serão identificados com um índice para cada período de produção. Por exemplo, se um produto pode ser plantado em novembro com uma safra ocorrendo em fevereiro, e novamente plantado em maio e ter safra em agosto, dois

índices serão atribuídos a este produto, que identificarão o primeiro período de produção, novembro-fevereiro, e o segundo período de produção, maio-agosto.

Vale dizer que, do ponto de vista do modelo, não existirão produtos com mais de uma safra no ano, ou mais de um período de produção. Quando isto ocorrer, deverá ser feita a identificação de cada período como referente a um produto apenas; ou seja; o arroz, quando ocorrer de ser cultivado duas vezes no mesmo ano, poderá ser identificado como arroz do primeiro e arroz do segundo semestre, e a cada um deles será designado um índice. Portanto, ficará determinada uma correspondência biunívoca entre o conjunto de culturas selecionadas e o conjunto de índices que identificam cada cultura.

Para que esta correspondência seja formalizada, define-se o seguinte:

$C_1)$ $PRDT = \{p:p = 1,2,\dots,P\}$. O conjunto de todos os produtos cultivados na região total, identificados pelo mês em que se dá sua safra;

$C_2)$ $PRDPE = \{p:p \in PRDT \text{ e } \text{é um produto perene}\}$. O conjunto de todos os produtos perenes da região;

$C_3)$ $PRDTE = \{p:p \in PRDT \text{ e } \text{é um produto temporário}\}$. O conjunto de todos os produtos temporários da região.

Desde que o intervalo de tempo é de um mês, pode-se amarrar os produtos aos meses em que são produzidos. Para isto tem-se o seguinte:

$C_4)$ $M = \{m:m = 1,2,\dots,12\} \equiv \{JAN,FEV,\dots,DEZ\}$. O conjunto dos índices que definem os meses do ano;

$C_5)$ $M_p = \{m:m \in M, \text{ e } p \in PRDT \text{ e } \text{é cultivado no mês } m\}$. O conjunto que define todos os meses de produção de p , desde o preparo da terra até sua safra, definindo o período de produção do produto.

Por exemplo, se $p=1$ é o arroz (capítulo 4) com o preparo da terra iniciando-se em outubro e sua colheita (e provável comercialização) ocorrendo em março, então tem-se:

$$M_1 = \{10, 11, 12, 1, 2, 3\}$$

ficando definidos os meses em que o arroz ocupará a quantidade de terra reservada à sua produção. Nota-se que, se $p \in \text{PRDPE}$, então, $M_p = M$.

A seguir, especifica-se as definições dos conjuntos, tendo em vista o fato de se ter sub-regiões e, certamente, produtos diferentes em cada uma delas. Assim tem-se:

$C_6)$ $\text{PRDT}_r = \{p: p \in \text{PRDT} \text{ e } \text{é cultivado na sub-região } r\}$. O conjunto de todos os produtos cultivados numa sub-região;

$C_7)$ $\text{PRDPE}_r = \{p: p \in \text{PRDPE} \text{ e } \text{é cultivado na sub-região } r\}$. O conjunto de todos os produtos perenes cultivados numa dada sub-região;

$C_8)$ $\text{PRDTE}_r = \{p: p \in \text{PRDTE} \text{ e } \text{é cultivado na sub-região } r\}$. O conjunto de todos os produtos temporários cultivados numa sub-região.

Seja agora, $m_p \in M_p$ o mês em que ocorre o escoamento do produto $p \in \text{PRDT}_r$. Então, define-se o seguinte:

$C_9)$ $\text{ESC}_m = \{p: p \in \text{PRDT} \text{ e } m = m_p\}$. O conjunto de todos os produtos produzidos nas sub-regiões, que escoam para os mercados no mês m .

Neste ponto, as definições C_5 , C_6 , C_7 e C_8 permitem também a definição de quais produtos podem ocupar a terra de uma sub-região, dependendo do período de produção de cada um deles. Tem-se então:

$C_{10})$ $\text{PRDT}_{r,m} = \{p: p \in \text{PRDT}_r \text{ e } m \in M_p\}$. O conjunto dos produ

tos produzidos na sub-região r no mês m ;

C_{11}) $PRDTE_{r,m} = \{p: p \in PRDTE_r \text{ e } m \in M_p\}$. O conjunto dos produtos temporários, produzidos numa sub-região durante o mês m . Como exemplo, considere a sub-região 7, definida no capítulo anterior. Os produtos 1 (arroz), 3 (cebola) e 4 (feijão) podem ser cultivados naquela sub-região. Suponha que se tem o seguinte:

$$M_1 = \{10, 11, 12, 1, 2, 3\}; M_3 = \{10, 11, 12, 1, 2\} \text{ e } M_4 = \{5, 6, 7, 8\}$$

Então pode-se ter para a sub-região 7, entre outros, os seguintes conjuntos:

$$PRDTE_{7,11} = \{1, 3\}; PRDTE_{7,3} = \{1\}; PRDTE_{7,4} = \emptyset \text{ e } PRDTE_{7,6} = \{4\}$$

Desde que para $p \in PRDPE$ tem-se $M_p = M$; ou seja, os produtos perenes ocupam a terra durante todo o ano, então o conjunto $PRDPE_r$ já define a ocupação do produto naquele período, sem necessidade de índice para o mês.

É importante ressaltar que a menos que um produto tenha seu período de produção se encaixando perfeitamente entre dois outros períodos de produção, a terra ficará desocupada, como é exemplificado acima, através do conjunto $PRDTE_{7,4}$. Entretanto, o intervalo em que a terra ficará inativa, dependerá da indicação dos produtos a serem cultivados ali.

Observa-se agora, que os produtos necessitam de máquinas diferentes em diferentes estágios de produção, tais como plantadeiras, colhedeiras, etc. Sendo assim, define-se o seguinte:

C_{12}) $MQ_{r,p} = \{i: i=1, \dots, NTIP \text{ é a máquina requerida por } p \in PRDT_r\}$. O conjunto de todas as máquinas requeridas pelo produto p cultivado na sub-região r ;

C_{13}) $MQ_{r,p,m} = \{i: i \in MQ_{r,p} \text{ com } p \in PRDT_{r,m}\}$. O conjunto que define as máquinas requeridas no mês m , para a produção do produto p na sub-região r .

Tomando-se o arroz, ainda como exemplo, e associando-se a ele dois tipos de máquinas, uma plantadeira (com índice 1) e uma colhedeira (índice 2), obtém-se $MQ_{r,1} = \{1,2\}$. Desde que, essas máquinas serão utilizadas no mês de plantio (mês 10) e no de colheita (mês 3), então especifica-se:

$$MQ_{r,1,10} = \{1\} \text{ e } MQ_{r,1,3} = \{2\}$$

Os demais conjuntos definem-se como a seguir:

$$MQ_{r,1,11} = MQ_{r,1,12} = MQ_{r,1,1} = MQ_{r,1,2} = \emptyset$$

Naturalmente, considera-se que a atividade de plantio e colheita ocorrem nos meses 10 e 3, respectivamente, não significando que estas atividades ocorram durante todo o transcurso daqueles meses.

Com estas definições, não apenas as restrições de terra disponível e fluxo de produtos serão mais específicos, como também se poderá abranger de uma melhor forma as restrições de mão-de-obra e hora-máquina.

Desde que, o modelo FLUXG é uma extensão do modelo FLUX, sempre que oportuno, os exemplos reportar-se-ão à situação apresentada no capítulo anterior, de quinze produtos, oito sub-regiões e escoamento para Lages e Florianópolis.

5.3. Redefinições

Pelas considerações feitas no item anterior, deve-se estabelecer algumas redefinições que serão apresentadas junto com todos os elementos que compõem o FLUXG, para uma visão mais completa.

ÍNDICES

R - número de sub-regiões definidas.

P - número de produtos, produzidos na região de influência.

cia da estrada, identificados pelo mês de plantio ou safra.

$r=1, \dots, R$ - índice da r -ésima sub-região.

$r=0$; $r=R+1$ - os índices com estes valores representam os mercados de comercialização.

$p=1, \dots, P$ - índice do p -ésimo produto.

$m=1, \dots, 12$ - índice que indica o mês.

$i=1, 2, \dots, NTIP$ - índice que indica o tipo de máquina utilizada na produção de uma cultura. $NTIP$ é número total de tipos de máquinas que se pode utilizar naquela produção.

SUPER-ÍNDICES

M_1 - indica que o escoamento se dá para o mercado M_1 .

M_2 - indica que o escoamento se dá para o mercado M_2 .

PARÂMETROS

C_r - capacidade de fluxo da estrada entre as sub-regiões r e $r+1$, $r=0, 1, \dots, R$, medida em eixos ou toneladas/mês.

HA_r - área cultivável disponível na sub-região r (ha).

$PC_p^{M_1}$; $PC_p^{M_2}$ - são os preços do produto $p \in ESC_m$, no mercado M_1 e M_2 , respectivamente (1000 Cr\$/t).

$PVD_{r,p}$ - o Fator de Ocupação da Terra permanece com a mesma definição do capítulo anterior. Por ser, para cada produto definido, constante durante todo período de produção, independe do mês (ha/t).

A partir deste ponto, dá-se a definição de cada um dos parâmetros que comporão as novas restrições deste modelo. Note - se que a hora-máquina e seu custo, dependerão do tipo de máquina que se utilizará (tratores, arados, colhedadeiras, etc).

$NMA_{i,p,m}$ - o número de horas-máquinas necessário para a produção de uma tonelada de $p \in PRDT_{r,m}$, $i \in MQ_{p,m}$ (h/t).

$KMA_{i,p}$ - custo por hora, de utilização da máquina $i \in MQ_{p,m}$ (Cr\$/h).

$QMA_{i,r}$ - quantidade total de horas da máquina i , disponíveis para a produção, na sub-região r (h/mês).

A seguir, os parâmetros relativos a mão-de-obra:

$NMO_{r,p,m}$ - número de trabalhadores necessário, para a produção de uma tonelada do produto $p \in PRDT_{r,m}$. Este número é tomado para todas as fases (meses) de cultivo incluindo a safra (homens-hora/t).

KMO - custo de homem-hora (Cr\$/hora).

$QMO_{r,m}$ - quantidade disponível de trabalhadores em uma sub-região no mês m (homens-hora).

Com relação a insumos, apenas considera-se os custos para sua aquisição, visto que seu fluxo na estrada será considerado desprezível em relação ao fluxo de produtos. Considera-se também, que apenas sementes poderão ter suas quantidades determinadas, pelo modelo, porquanto é determinada a quantidade dos produtos a serem produzidos, enquanto que o uso de outros tipos de insumos, tais como os defensivos, somente poderão ser determinados no decorrer do cultivo.

Sendo assim, os custos com insumos serão abordados de uma forma genérica:

$KINS_{r,p}$ - custo do insumo necessário para a produção de uma tonelada do produto $p \in PRDT_r$ (Cr\$/t).

E por fim:

$KT_{r,p}^{M_1}; KT_{r,p}^{M_2}$ - custo do transporte do produto $p \in ESC_m$, escoado da sub-região r até o mercado M_1 e M_2 , respectivamente (1000 Cr\$/t).

VARIÁVEIS DECISÓRIAS

$\gamma_{r,p}^{M_1}; \gamma_{r,p}^{M_2}$ - é a quantidade de $p \in PRDT_{r,m}$, que tem safra no mês $m \in M_p$ e escoa da sub-região para o Mercado M_1 ou M_2 , respectivamente (t).

HAP_r - variável que corresponde a quantidade de terra ocupa

da por produtos perenes na sub-região r (ha).

Com estas definições, pode-se resumir o FLUXG como o modelo que tendo em vista os custos de transporte do produto, de insumos mão-de-obra e hora-máquina, procura maximizar a renda líquida anual da região, para a produção de culturas perenes e temporárias, considerando a área disponível para cultivo, assim como a mão-de-obra, hora-máquina e o fluxo de produtos na estrada.

5.4. Formulação Matemática do FLUXG

Considerando as definições dos parâmetros e variáveis, o FLUXG pode então ser construído como abaixo.

A) Restrições de Produtividade

Observa-se que apenas uma determinada quantidade da terra é cultivável e a terra cultivável disponível em cada sub-região é limitada. Além do mais, quando se tem uma cultura permanente, a área por ela ocupada já não pode ser considerada disponível, se não quando esta cultura for abandonada, total ou parcialmente, e substituída por culturas temporais. Assim, tem-se que a produção de culturas temporais é restringida pela área cultivável disponível e pela quantidade ocupada por culturas perenes. Isto origina as seguintes inequações:

$$A_1) \quad HAP_r + \sum_{p \in PRDPE_{r,m}} PVD_{r,p} (Y_{r,p}^{M_1} + Y_{r,p}^{M_2}) \leq HA_r \quad \forall r, m$$

$$A_2) \quad \sum_{p \in PRDPE_r} PVD_{r,p} (Y_{r,p}^{M_1} + Y_{r,p}^{M_2}) - HAP_r \leq 0 \quad \forall r$$

Com o exemplo abaixo, se conseguirá uma melhor compreensão destas restrições.

Suponha que $r=3$. Esta sub-região, conforme o capítulo 4, é capaz de produzir os seguintes produtos: arroz, batata, cebola, feijão, milho, soja, maçã, tomate e fumo. Destes, o único perene é a maçã, produto número 9. Assim $PRDPE_3 = \{9\}$.

Segundo aquele capítulo, também, tem-se o seguinte:

$$PVD_{3,9} = 0,17 \text{ ha/t} \text{ e } HA_3 = 6894 \text{ ha}$$

Supondo-se que a produção total da maçã daquela região seria de 10000 t; ou seja; para $M_1 = \text{Lages}$ e $M_2 = \text{Florianópolis}$:

$$Y_{3,9}^L + Y_{3,9}^F = 10000 \text{ t}$$

então,

$$0,17 \times 10000 - HAP_r \leq 0 \Rightarrow HAP_r \geq 1700 \text{ ha}$$

Ou seja, a área mínima a ser ocupada por produtos perenes (a maçã, no caso) é de 1.700 ha, enquanto os produtos temporários deverão ocupar no máximo uma área de 7.194 ha. Quando colocadas conjuntamente, A_1 e A_2 determinarão, para este exemplo, uma área de 1.700 ha para produtos perenes e uma de 7.194 ha para produtos temporários.

B) Restrições de Capacidade de Fluxo

Um importante fator restritivo à produção é a capacidade de fluxo da rodovia, pois o escoamento da produção, total ou parcial, é determinado pela condição de tráfego existente.

Este tráfego é consequência do fluxo de produtos tanto para o mercado M_1 , quanto para M_2 . Assim escreve-se a restrição de capacidade de fluxo como se segue:

$$B_1) \quad \sum_{r=1}^R \sum_{p \in PRDT_{\rho, m}} Y_{\rho, p}^{M_1} + \sum_{r=1}^R \sum_{p \in PRDT_{\rho, m}} Y_{\rho, p}^{M_2} \leq C_r \quad \forall r, m$$

$P \in ESC_m$ $P \in ESC_m$

Com esta restrição, as produções nas diversas sub-regiões, serão de tal ordem que o fluxo na estrada estará sempre normal, devido ao tráfego.

C) Restrições de Mão-de-Obra

Com relação a mão-de-obra, considera-se, que cada trabalhador pode trabalhar com mais de um tipo de produto, em tempos diferentes, mas a utilização de mão-de-obra não pode exceder a disponibilidade da região naquele mês.

$$C_1) \quad \sum_{p \in PRDT_{r, m}} NMO_{r, p, m} (Y_{r, p}^{M_1} + Y_{r, p}^{M_2}) \leq QMO_{r, m} \quad \forall r, m$$

D) Restrição de Hora-Máquina

Assim como a mão-de-obra, a produção que necessita do uso de máquinas, não pode ser maior do que aquela que se pode atingir com a disponibilidade de horas-máquina na sub-região onde será usada. Além disso, cada produto em cada fase requer máquinas diferentes. A formulação matemática dessas observações, é dada abaixo.

$$D_1) \quad \sum_{p \in \text{PRDT}_{r,m}} NMA_{i,p,m} (Y_{r,p}^{M_1} + Y_{r,p}^{M_2}) \leq QMA_{i,r} \quad \forall r,m; i \in \bigcup_p MQ_{r,p,m}$$

A restrição D_1 tem um sentido análogo àquele observado pela restrição C_1 . Apenas regulam o uso das horas-máquina conforme a disponibilidade do tipo de máquina na sub-região.

E) A Função Objetivo

Para que o FLUXG atinja o objetivo de maximizar a renda líquida anual da região abordada, é necessário que na sua função objetivo estejam presentes elementos que identifiquem qual será a renda e os custos com a produção anual obtida.

A renda será determinada através dos preços obtidos no mercado M_1 e M_2 ($p_{sp}^{M_1}$ e $p_{sp}^{M_2}$), enquanto os custos são determinados como a seguir.

Devido ao fato de haver limitação na disponibilidade de mão-de-obra e hora-máquina, a quantidade destes itens que foi utilizada, na produção global, deve ser levada em conta. Para isso formula-se o seguinte:

Custo Global com o Trabalhador, na sub-região r , para a Produção p^*

$$E_1) \quad CGT_{r,p} = \sum_{m \in M_p} KMO \cdot NMO_{r,p,m} \quad \forall r; p \in \text{PRDT}_r$$

* Deve notar-se que a unidade deste custo é de Cr\$/t.

Custo Global com Máquinas, na sub-região r, para a Produção de p *

$$E_2) \quad CGM_{r,p} = \sum_{m \in MQ_{r,p}} \frac{NMA_{i,r,p}}{MQ_{r,p,m}} \cdot KMA_{i,p} \quad \forall r; p \in PRDT_r$$

Com o estabelecimento de E_1 e E_2 e pelo fato de que o custo com insumos ($KINS_{r,p}$) depende diretamente da produção a ser alcançada em cada sub-região, pode-se escrever o custo total com a produção como abaixo:

Custo Global com a Produção do Produto p, na sub-região r

$$E_3) \quad KP_{r,p} = CGT_{r,p} + CGM_{r,p} + KINS_{r,p} \quad \forall r; p \in PRDT_r$$

Utilizando-se E_3 , pode-se, então, escrever a função objetivo deste modelo, como a seguir:

$$E_4) \quad \sum_{m=1}^{12} \sum_{r=1}^R \sum_{p \in ESC_m} \left[Y_{r,p}^{M_1} (P_{r,p}^{M_1} - (K_{r,p}^{M_1} + KP_{r,p})) + Y_{r,p}^{M_2} (P_{r,p}^{M_2} - (K_{r,p}^{M_2} + KP_{r,p})) \right]$$

F) O Modelo

O modelo FLUXG pode, então, ser matematicamente expresso como abaixo:

$$\begin{aligned} \text{MAX} \quad & \sum_{m=1}^{12} \sum_{r=1}^R \sum_{p \in ESC_m} \left[Y_{r,p}^{M_1} (P_{r,p}^{M_1} - (K_{r,p}^{M_1} + KP_{r,p})) + Y_{r,p}^{M_2} (P_{r,p}^{M_2} - (K_{r,p}^{M_2} + KP_{r,p})) \right] \\ \text{s.a} \quad & HAP_r + \sum_{p \in PRDTE_{r,m}} PVD_{r,p} (Y_{r,p}^{M_1} + Y_{r,p}^{M_2}) \leq HA_r \quad \forall r, m \\ & \sum_{p \in PRDPE_r} PVD_{r,p} (Y_{r,p}^{M_1} + Y_{r,p}^{M_2}) - HAP_r \leq 0 \quad \forall r \\ & \sum_{\rho \geq r+1} \sum_{\substack{p \in PRDT_{\rho,m} \\ p \in ESC_m}} Y_{\rho,p}^{M_1} + \sum_{\rho \leq r} \sum_{\substack{p \in PRDT_{\rho,m} \\ p \in ESC_m}} Y_{\rho,p}^{M_2} \leq C_r \quad \forall r, m \\ & \sum_{p \in PRDT_{r,m}} NMD_{r,p,m} (Y_{r,p}^{M_1} + Y_{r,p}^{M_2}) \leq QMD_{r,m} \quad \forall r, m \\ & \sum_{p \in PRDT_{r,m}} NMA_{i,p,m} (Y_{r,p}^{M_1} + Y_{r,p}^{M_2}) \leq QMA_{i,r} \quad \forall r, m; i \in \bigcup_p MQ_{r,p,m} \end{aligned}$$

* Neste caso também, o custo tem unidade de Cr\$/t.

5.5. A Forma Matricial do FLUXG

Neste item será apresentado um esboço da matriz do FLUXG. Para se ter uma compreensão melhor deste esboço, as considerações feitas abaixo são necessárias.

Sejam Y e B vetores que contêm, respectivamente, as variáveis e os valores independentes do FLUXG, e seja A a matriz que contém seus parâmetros.

Para se determinar a dimensão do vetor Y (o que equivale à determinação do número de variáveis do modelo), é importante que se note a existência de dois tipos de variáveis: aquelas que representam as quantidades produzidas, e as que representam a área ocupada por produtos perenes. Deve-se observar que existirão duas variáveis que representam quantidades para cada produto produzido em cada sub-região, enquanto existirá apenas uma variável para a área ocupada por culturas perenes em cada sub-região.

Sendo assim pode-se obter a dimensão de Y , como se segue:

$$\dim(Y) = R + 2 \sum_{r=1}^R |PRDT_r|$$

onde:

$|PRDT_r|$ = número total de produtos cultivados na sub-região r ;

R = número total de sub-regiões.

Considerando-se os dados do capítulo 4, obter-se-ia o seguinte:

$$\dim(Y) = 2 \cdot (|PRDT_1| + \dots + |PRDT_8|) + 8 = 2 \cdot (12 + 8 + 9 + 15 + 11 + 12 + 11 + 11) + 8 = 186 ,$$

oito a mais que o número de variáveis que compunham o modelo FLUX . Neste caso, a dimensão de Y será 186×1 .

A matriz A , dos parâmetros, terá o número de colunas (NCOL) de tal forma que $NCOL = \dim(Y)$. Já o número de linhas (NLIN) se

rá obtido levando-se em conta que todas as restrições atuam para todas as sub-regiões, mês a mês. Deve-se notar, então, que alguns parâmetros terão valor zero, e algumas restrições poderão ser eliminadas, nos seguintes casos:

- (i) quando um produto não for cultivado numa sub - região; ou seja, quando $p \notin \text{PRDT}_r$, os parâmetros relativos àquele produto, naquela sub-região, para a restrição considerada serão nulos;
- (ii) quando $\text{PRDTE}_{r,m} = \emptyset$, para um r,m . Neste caso não existirão produtos temporários cultivados na sub-região r , no mês m . Pode-se, então, eliminar a restrição de terra para produtos temporários daquela sub-região, naquele mês. Note-se porém, que se $\text{PRDTE}_{r,m} = \emptyset$ para todos os m , na sub-região r , deve-se eliminar apenas 11 das 12 restrições possíveis naquela sub-região, definindo-se assim a área máxima de ocupação para produtos perenes como sendo a área da sub-região;
- (iii) quando $\text{PRDPE}_r = \emptyset$, para um r . Para este caso, todos parâmetros das restrições de terra para produtos perenes serão nulos, com exceção do parâmetro para a variável HAP_r , que será sempre -1. Como se pode inferir, nunca se eliminará uma restrição de terra para produtos perenes;
- (iv) quando $\text{PRDT}_{r,m} = \emptyset$, para um r,m . Quando este for o caso, além de levar-se em conta o disposto em (ii), poder-se-á eliminar a restrição de mão-de-obra daquela sub - região, naquele mês;
- (v) quando ocorrer o caso (ii), porém com $\text{PRDPE}_r \neq \emptyset$, para um r . Neste caso todas as restrições de mão-de-obra, daquela sub-região, deverão ser consideradas nos 12 meses, entretanto, os parâmetros relativos aos produtos

temporários serão nulos;

- (vi) quando $ESC_m = \emptyset$, para um m , caso em que não haverá escoamento naquele mês. Pode-se, então, eliminar a restrição de capacidade de fluxo para aquele mês;
- (vii) quando, sendo i um tipo de máquina, $i \notin \bigcup_p MQ_{r,p,m}$, para um r, m . Este caso ocorrerá quando $\bigcup_p MQ_{r,p,m} = \emptyset$, para aqueles r e m , ou quando a máquina i não for necessária à produção na sub-região r e/ou no mês m . Em quaisquer dos casos, poder-se-á eliminar a restrição de hora-máquina.

Tendo em conta estas observações, para o cálculo de NLIN necessita-se das seguintes definições. Sejam:

$$\delta_{r,m} = \begin{cases} 0 & \text{se } PRDTE_{r,m} = \emptyset \\ 1 & \text{senão} \end{cases}, \text{ para } r = 1, 2, \dots, R \\ m = 1, 2, \dots, 12$$

$$\delta_r = \begin{cases} 1 & \text{se } \bigcup_m PRDTE_{r,m} = \emptyset \\ 0 & \text{senão} \end{cases}, \text{ para } r = 1, 2, \dots, R$$

$$\lambda_{r,m} = \begin{cases} 0 & \text{se } PRDT_{r,m} = \emptyset \\ 1 & \text{senão} \end{cases}, \text{ para } r = 1, 2, \dots, R \\ m = 1, 2, \dots, 12$$

$$\sigma_m = \begin{cases} 0 & \text{se } ESC_m = \emptyset \\ 1 & \text{senão} \end{cases}, \text{ para } m = 1, 2, \dots, 12$$

$$\alpha_{i,r,m} = \begin{cases} 0 & \text{se } i \notin \bigcup_p MQ_{r,p,m} \\ 1 & \text{senão} \end{cases}, \text{ para } r = 1, 2, \dots, R \\ m = 1, 2, \dots, 12$$

onde $\delta_{r,m}$ e δ_r são contadores para o número de restrições de terra para produtos temporários e perenes respectivamente; $\lambda_{r,m}$ é um contador para o número de restrições de mão-de-obra; σ_m é um contador para o número de restrições de capacidade de fluxo; e $\alpha_{i,r,m}$ é um contador para o número de restrições de horas-máquinas.

Considerando-se estas observações, e considerando-se o número de restrições de terra para produtos perenes será sempre igual a R , determinar-se-á o número de linhas da matriz deste modo

lo, afora a linha correspondente à função objetivo, como se segue:

$$R + \sum_{r=1}^R \left[\xi_r + \sum_{m=1}^{12} (\delta_{r,m} + \lambda_{r,m} + c_m + \sum_{\substack{i \in \{1,2\} \\ p \in \text{PRDT}_{r,m}}} \alpha_{i,r,m}) \right]$$

Para os dados do capítulo 4, considerando-se que se utiliza dois únicos tipos de máquinas para todos os produtos; ou seja, NTIP = 2, com i = 1 (uma plantadeira) e i = 2 (uma colhedeira), e obtendo-se informações a respeito da época de plantio e safra dos produtos temporários em qualquer órgão de pesquisa agropecuária, pode-se determinar o mínimo de linhas que a matriz A obteria para aqueles dados.

Segundo técnicos da EMBRAPA, os períodos possíveis de cultivo dos produtos temporários na região entre Lages e Florianópolis são dados no quadro a seguir.

Quadro 5.1 - Possíveis períodos de cultivo dos produtos temporários para a região entre Lages e Florianópolis

PRODUTOS	MÊS DE PLANTIO	MÊS DE SAFRA
Arroz	Outubro	Março
Batata	Agosto	Novembro
Cebola	Janeiro	Maio
Feijão	Janeiro	Abril
Mandioca*(18 meses)	Outubro	Março
Milho	Outubro	Abril
Soja	Novembro	Março
Trigo	Junho	Outubro
Tomate	Janeiro	Maio
Fumo	Setembro	Janeiro

* Para efeitos do modelo a mandioca pode ser considerada como uma cultura perene.

Desde que se considere o mês de safra como o mês de escoamento e considerando-se a safra da maçã em fevereiro, do pêssego e da uva em dezembro, da banana em julho e da laranja em setembro, tem-se: $ESC_6 = ESC_8 = \emptyset$

Generalizando a situação do quadro 5.1, e considerando-se a mandioca como produto perene, a partir do quadro 4.1 obtêm-se:

$$PRDT_{r,m} = \emptyset \text{ para } r=4 \text{ e } m=6,7$$

Nota-se também no quadro 4.1, que sempre existirá ao menos um produto perene em cada sub-região.

Para finalizar, considere que cada máquina é usada apenas no plantio ou na safra e apenas para produtos temporários, tem-se então:

$$\begin{aligned} U_{p, r, m}^{MQ} &= \{1\} \quad \text{para } m = 8, 9, 10 \text{ e } r = 1, 2, \dots, 8 \\ &\quad \text{e para } m = 6 \text{ e } r = 4 \\ U_{p, r, m}^{MQ} &= \{2\} \quad \text{para } m = 3, 4, 5 \text{ e } r = 1, 2, \dots, 8 \\ &\quad \text{e para } m = 11 \text{ e } r = 2, 5, 6, 7, 8 \\ U_{p, r, m}^{MQ} &= \{1, 2\} \quad \text{para } m = 1 \text{ e } r = 1, 2, \dots, 8 \\ &\quad \text{e para } m = 11 \text{ e } r = 1, 3, 4 \end{aligned}$$

Assim, pode-se determinar o número de linhas da matriz **A** para este exemplo, considerando-se δ_r sempre nulo, como a seguir:

$$8 + \sum_{r=1}^8 \left[\delta_r + \sum_{m=1}^{12} (\delta_{r,m} + \lambda_{r,m} + c_m + \sum_{\substack{i \in MQ_{r,p,m} \\ p \in PRDT_{r,m}}} \alpha_{i,r,m}) \right] =$$

$= 8 + 82 + 96 + 80 + 75 = 342$, logo $N_{LIN} = 343$, contando com a linha de função objetivo.

Considerando-se o número de variáveis, como no exemplo acima, a dimensão de **A** para os dados do capítulo 4 seria de 343×186 .

O vetor **B**, dos valores independentes, terá dimensão $N_{LIN} \times 1$, sendo composto dos parâmetros relativos a disponibilidade de terra HA_r , para as restrições relativas a ocupação por produtos temporários; 0 (zeros) relativos a restrição de ocupação da terra por produtos perenes; c_r para as restrições de capacidade de fluxo; $QMO_{r,m}$ para as restrições de mão-de-obra e $QMA_{i,r}$ para as restrições relativas a hora-máquina.

Na página seguinte, o quadro 5.2 mostra como **A**, **Y** e **B** podem ser representados, dando uma idéia geral da matriz do FLUXG.

Quadro 5.2 - Representação da matriz **A** e dos vetores **Y** e **B**. Esta representação também é a representação da matriz do FLUXG, supondo-se o número máximo de restrições, ou seja, $\delta_{r,m}$, σ_m , $\lambda_{r,m}$ e $\alpha_{i,r,m}$, tem sempre valor 1 e $\delta_r = 0$.

$$\begin{array}{c}
 \text{Max} \\
 \text{A} = \begin{array}{c}
 \begin{array}{c} \text{12.R vezes} \\ \vdots \\ \text{R vezes} \\ \vdots \\ \text{12.R vezes} \\ \vdots \\ \text{12.R NTIP, vezes} \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{n-R valores} \\
 \begin{array}{c}
 \text{Y} = \begin{pmatrix} \text{Y}_{1,1}^{M1} & \text{Y}_{1,1}^{M2} & \text{Y}_{1,2}^{M1} & \text{Y}_{1,2}^{M2} & \dots & \text{Y}_{r,p}^{M1} & \text{Y}_{r,p}^{M2} & \dots & \text{Y}_{R-1,p}^{M1} & \text{Y}_{R-1,p}^{M2} & \text{Y}_{R,p}^{M1} & \text{Y}_{R,p}^{M2} \\
 \text{L}_{1,1}^{M1} & \text{L}_{1,1}^{M2} & \text{L}_{1,2}^{M1} & \text{L}_{1,2}^{M2} & \dots & \text{L}_{r,p}^{M1} & \text{L}_{r,p}^{M2} & \dots & \text{L}_{R-1,p}^{M1} & \text{L}_{R-1,p}^{M2} & \text{L}_{R,p}^{M1} & \text{L}_{R,p}^{M2} \end{pmatrix} \\
 \text{PVD}_{r,p} \text{ ou } 0 \\
 \vdots \\
 \text{PVD}_{r,p} \text{ ou } 0 \\
 \\
 \text{PVD}_{r,p} \text{ ou } 0 \\
 \vdots \\
 \text{PVD}_{r,p} \text{ ou } 0 \\
 \\
 1 \text{ ou } 0 \\
 \vdots \\
 1 \text{ ou } 0 \\
 \\
 \text{NMO}_{r,p,m} \text{ ou } 0 \\
 \vdots \\
 \text{NMO}_{r,p,m} \text{ ou } 0 \\
 \\
 \text{NMA}_{1,p,m} \text{ ou } 0 \\
 \vdots \\
 \text{NMA}_{1,p,m} \text{ ou } 0
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{R valores} \\
 \begin{array}{c}
 \text{HAP}_1 \dots \text{HAP}_R \\
 0 \dots 0 \\
 1 \text{ ou } 0 \\
 \vdots \\
 1 \text{ ou } 0 \\
 \\
 -1 \text{ ou } 0 \\
 \vdots \\
 -1 \text{ ou } 0 \\
 \\
 0 \dots 0 \\
 \vdots \\
 0 \dots 0 \\
 \\
 0 \dots 0 \\
 \vdots \\
 0 \dots 0 \\
 \\
 0 \dots 0 \\
 \vdots \\
 0 \dots 0
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{B} = \begin{array}{c}
 \begin{array}{c} \text{HA}_1 \\ \vdots \\ \text{HA}_1 \\ \vdots \\ \text{HA}_R \\ \vdots \\ \text{HA}_R \\ \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \\ C_1 \\ \vdots \\ C_1 \\ \vdots \\ C_R \\ \vdots \\ C_R \\ \\ \text{QMO}_{1,1} \\ \vdots \\ \text{QMO}_{1,12} \\ \vdots \\ \text{QMO}_{R,1} \\ \vdots \\ \text{QMO}_{R,12} \\ \\ \text{QMA}_{1,r} \\ \vdots \\ \text{QMA}_{i,r} \\ \vdots \\ \text{QMA}_{NTIP,r} \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{12 vezes} \\
 \text{12 vezes} \\
 \text{R vezes} \\
 \text{12 vezes} \\
 \text{12 vezes} \\
 \text{12.R vezes}
 \end{array}
 \end{array}$$

onde \mathbf{Y}' é \mathbf{Y} transposto, e $\mathbf{L}_{r,p}^{M_1} = \mathbf{P}_p^{M_1} - (\mathbf{K}_{r,p}^{M_1} + \mathbf{K}_{p,r}^T)$ e $\mathbf{L}_{r,p}^{M_2} = \mathbf{P}_p^{M_2} - (\mathbf{K}_{r,p}^{M_2} + \mathbf{K}_{p,r}^T)$

C A P Í T U L O V I

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

6.1.1. Sobre o Modelo

O escoamento adequado da produção agropecuária, de uma região, é um dos principais fatores para o seu desenvolvimento, pois sua existência incrementa e possibilita maior produtividade das atividades agropecuárias.

A capacidade de fluxo de uma rodovia, que liga os centros comercializadores da região, deve ser tal que não comprometa qualquer produção alcançada, com altos custos de transporte, impostos pela dificuldade de trânsito, ou pela impossibilidade de se escoar com a interdição da rodovia. Logo, o planejamento de uma rodovia deve ser feito com cuidado, para que o fluxo sempre ocorra normalmente, facilitando o tráfego, minimizando os custos de transporte e incentivando a produção e, por conseguinte, ao produtor.

O FLUXG, diferentemente de outros modelos, ao levar em conta a capacidade de fluxo da rodovia, considera possíveis estrangulamentos no escoamento e identifica os pontos onde eles ocorrem. Este enfoque facilita a análise tanto do ponto de vista do planejamento da rodovia (com a estimativa dos pontos de estrangulamentos), quanto do ponto de vista do produtor (com o remanejamento da produção), haja visto que a definição de uma sub-região* pode levar à

* Uma sub-região pode ser um agrupamento de municípios ou propriedades, mesmo de municípios diferentes, com um mesmo acesso à rodovia. No entanto, nada impede que uma sub-região coincida exatamente com uma propriedade.

identificação de um ponto de estrangulamento.

Através das variáveis duais às variáveis de produção aqueles pontos poderão ser identificados e avaliadas as consequências em termos de ganho ou perda no escoamento.

Além disso, a definição de destintos conjuntos, para produtos perenes e temporários, com a possibilidade de suprir ao modelo cada período de produção, com a previsão de plantio e safra, permite a determinação, mais próxima da realidade, das culturas mais rentáveis para a região. Este fato pode contribuir para uma análise de investimentos do produtor, na escolha de seus investimentos, tanto quanto para um mais proveitoso balanceamento do solo, pois que o modelo indica apenas um tipo de cultura para uma determinada área, num determinado período. Com isto, pode-se escolher para uma mesma área, culturas que permitam à terra um período de descanso.

Nota-se também, que o porte deste modelo depende sobretudo do número de produtos e sub-regiões. Assim, seu tamanho variará com a região abordada, dependendo de sua aptidão agrícola, o que determinará quais produtos serão aceitos ali.

6.1.2. Sobre os Dados

Como pode ser observado, os dados para a execução do FLUXG são muito específicos e dificilmente estarão contidos nos relatórios ou informes de órgãos pesquisadores. Por isso, a obtenção de dados primários com a aplicação de um questionário torna-se imprescindível.

Dados como produtividade, preço, custo de insumos, custo de hora-máquina e de mão-de-obra, certamente poderão ser encontrados nos levantamentos do IBGE ou similares, para os anos que vão até o último censo realizado. Sendo assim, o questionário a ser aplicado, além destes itens (que podem ser atualizados), deverá conter

questões sobre:

- condições de escoamento: a) se o produtor consegue ou não escoar toda sua produção; b) se há facilidade de acesso à sua propriedade; etc.
- mão-de-obra: a) se compra mão-de-obra; b) quais as despesas com mão-de-obra; c) quanta mão-de-obra foi necessária para atingir a produção; etc.
- máquinas: a) quais tipos de máquinas o produtor utiliza; b) como as obtêm; c) quanto gasta com as máquinas; etc.
- insumos: a) quais são utilizados; b) seu custo; etc.

Todas estas questões devem ser formuladas considerando-se cada produto em particular, por exemplo: *para produzir o ARROZ..., quantos trabalhadores..., qual tipo de máquina..., que insumos..., etc.*

O questionário deve conter a localização da propriedade, o seu tamanho, entre outros itens de caráter sócio - econômico (tais como instrução, renda familiar média, relacionamento com extensionistas, etc.), que poderão ajudar no planejamento do escoamento e do tipo da produção, baseados nos resultados do modelo.

6.2. Recomendações

Com a realização de um levantamento de dados apropriados, obter-se-ão condições para a execução do FLUXG, e seus resultados poderão ser confrontados aos de outros modelos e às condições reais da região.

Os seguintes resultados poderão, então, ser testados:

- produtos que deverão ser produzidos em cada sub-região;
- mês em que se dá a colheita (o escoamento) de cada

produto indicado pelo FLUXG;

- quantidade, de cada produto, a ser produzida, em cada sub-região.

De posse desses resultados poderão ser obtidas as seguintes informações:

- fluxo de cada produto em cada trecho da rodovia;
- fluxo total em cada trecho;
- aumento unitário da renda líquida, pelo aumento unitário de terra disponível;*
- aumento unitário da renda líquida, pelo aumento unitário da capacidade de fluxo da estrada num determinado trecho;*
- área necessária em cada sub-região, para produzir a quantidade desejada na maximização da renda líquida.

Para se obter informações ainda mais próximas da realidade, pode-se executá-lo com a introdução do risco, usando-se a técnica do MOTAD (ver /HAZE/).

Assim, se avaliará a consistência do FLUXG, sua capacidade na ajuda do planejamento de sistemas de transporte e produção agrícola integrados e sua contribuição para a análise do escoamento agropecuário de uma região.

A consideração de outros objetivos, tais como capacidade nutritiva da produção escoada, além do retorno líquido, é sempre desejada. O FLUXG poderá ser adaptado então, para ser resolvido usando-se a técnica de Programação por Metas ("Goal Programming") (ver /WHEE/), e assim ter-se balanceados mais de um tipo de medida dos benefícios devidos a implantação de um sistema de escoamento da produção agropecuária, incluindo a produção de gado, etc.

Pode-se introduzir também, já que o modelo tem uma aboru

* Estes resultados são obtidos pela análise das variáveis duais.

dagem mensal, um fluxo de caixa mês a mês, de maneira a se obter a taxa de retorno do investimento proposto pelo modelo. Assim, incluindo-se uma taxa de mínima atratividade, taxas de juros e os investimentos realizados mês a mês, ter-se-ã grandes elementos para uma tomada de decisão sobre o planejamento do escoamento e da produção da região.

B I B L I O G R A F I A

- /CARN/ - CARNEMARK, Curt et Alli - "Análisis Económico de Proyectos de Caminos Rurales" - Documento de Trabajo Del Personal del Banco nº 241. Banco Internacional de Reconstrucion e Fomento - Agosto 1976.
- /GEIP/ - GEIPOT - "Pesquisa sobre Impactos de Rodovias Vicinais" - Parte III - Documento de Trabalho - Mimeo (não publicado).
- /HAZE/ - HAZELL, P.B.R. - "A Lineal Alternative to Quadratic and Semivariance Programming for Farm Planning Under Uncertainty", Amercian Journal of Agricultural Economics, vol 53, nº 1 (Fev 1971): 53-62.
- /MATT/ - MATTOS, Jacintho Antonio de - "Colonização do Estado de Santa Catarina". Dados Históricos e Estatísticos (1640-1916). Secretaria Geral dos Negócios do Estado. Gab. Typ.d'O DIA-1917 - Florianópolis.
- /MENZ/ - MENEZES, Emílio Araújo et Alli - "Benefícios Indiretos De correntes da Construção da Rodovia BR-282, Trecho Florianópolis - Lages". Projeto 2.030-02.05-2. Convênio PG10/78-DNER-SC/UFSC. Florianópolis 1981. Mimeo.
- /NATI/ - NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - "Highway Capacity Manual 1965", Highway Research Board of the NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - National Research Council, Washington, D.C., 1965.

- /REZN/ - REZENDE, Antonio Edmundo L.M. de - "Análise de Viabilidade de Rodovias Vicinais para Regiões em Desenvolvimento : Uma Visão Integrada de Transporte e Produção Agrícola" , in Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - Vitória/ES - 12 a 14/OUT/1981.
- /RODD/ - RÖDDER, W. e BLAUTH, M. - "PROJECT - An Alternative LP - Algorithm". Universidade Federal de Santa Catarina , Departamento de Engenharia de Produção. Florianópolis - 1981 - Mimeo.
- /THUN/ - VON THÜNEN, Johan Heinrich - "Von Thünen's Isolated State: An English Translation of 'Der Isoliert Staat (1826) '", traduzido por Carla M. Wartenberg ed. por Peter Hall, Glasgow, Pergamon Press, 1966.
- /VERG/ - VERGARA Filho, Otto - "Investimento em Rodovia e suas Implicações no Desenvolvimento - Um Estudo do caso da Rodovia Rio-Bahia (Trecho Leopoldina/MG - Feira de Santana/BA)". Revista Brasileira de Economia, Vol. 30, nº 4 (Out / Dez 1976): 501-533.
- /WHEE/ - WHEELER, B.M. and RUSSEL, J.R.M. - "Goal Programming and Agricultural Planning". Operation Research Quarterly , Vol. 28, nº 1 (1977): 21-32.